

Transformación del cacao (*Theobroma cacao L*): una tendencia vanguardista

Diana Carolina Montoya Gómez

Yuliza Tatiana Benavides Portela

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingenierías - ECBTI

Programa de Ingeniería de Alimentos

2023

Transformación del cacao (*Theobroma cacao L*): una tendencia vanguardista

Diana Carolina Montoya Gómez

Yuliza Tatiana Benavides Portela

Asesora:

July Alexandra Hernández López

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingenierías - ECBTI

Programa de Ingeniería de Alimentos

2023

July Alexandra Hernández López

Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Ibagué-2023

Dedicatoria

La presente monografía está dedicada principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, como también a todas las personas, que han sido participes en este proceso, que se realizó en la Universidad nacional abierta y a distancia. Se espera que la información presentada sea de amplia utilidad para quienes accedan al mismo.

Diana Carolina Montoya Gómez

La presente monografía está dedicada principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. A mis padres que desde un principio me brindaron su apoyo para emprender este camino lleno de conocimiento el cual es un escalón más en mi vida. También a las personas que creyeron en mí y han sido participes de este proceso, y que me animaron a seguir a delante, para finalizar este proceso tan maravilloso, el cual se ve culminado y proyecta un futuro lleno de éxito.

Yuliza Tatiana Benavides Portela

Agradecimientos

Durante el desarrollo de esta monografía y todo el proceso académico agradezco a Dios, por bendecirme y cumplir con las metas propuestas, las cuales se han hecho realidad para obtener mi título en ingeniería de alimentos, por ser mi guiador, orientador en todo este proceso lleno de conocimiento. Alcanzando con Fe cada una de las diferentes etapas recorridas en este proceso de formación académica y profesional.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional; a la magister July Alexandra Hernández por su apoyo incondicional en todo el desarrollo de la monografía, por confiar y por compartir todos sus conocimientos de investigación y también por las experiencias compartidas.

Por último, agradezco a mis padres Luz Stella Montoya y Fredys Mosquera, porque sin ellos el trayecto de mi carrera profesional no hubiera sido posible. Gracias por siempre confiar y por brindarme el apoyo incondicional a lo largo de estos años de estudio y dedicación.

Diana Carolina Montoya Gómez

Primeramente, agradezco Dios por bendecirme, guiarme y haberme permitido llegar al final de este proceso, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A la directora del proyecto de investigación, July Alexandra Hernández por confiar en nosotras y por su apoyo durante todo el desarrollo del proyecto de investigación, esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, paciencia y motivación ha logrado que pueda terminar mis estudios con éxito.

Agradezco a mis padres María Santos Portela y Albeiro Benavides Cortes, que durante toda mi carrera profesional me brindaron su apoyo incondicional y me motivaron para culminar

con éxito la carrera profesional en ingeniería de alimentos, por sus consejos, orientaciones, las cuales me ayudaron a tomar las mejores decisiones y creer en mí, ya que sin su apoyo no hubiera podido alcanzar este sueño tan anhelado.

Yuliza Tatiana Benavides Portela

Resumen

En la presente monografía se realiza una revisión de literatura científica sobre el uso de los diversos desechos agroindustriales del cacao, tanto a nivel nacional e internacional, donde a estos residuos no se les ha dado la importancia en las diferentes industrias, desconociendo los beneficios que trae consigo cada una de las partes que se consideran como desechos, por ende, el objetivo principal de esta investigación, es realizar una revisión sistemática referente a los productos elaborados a partir de los desechos orgánicos que surgen de las distintas etapas de transformación de la semilla del cacao para diferentes usos en la agroindustria.

Por lo tanto, la metodología aplicada al desarrollo de esta monografía fue identificar fuentes directas de información para la recolección bibliográficas del tema a través de la revisión de artículos científicos, documentos técnicos, trabajos de grado, entre otros, en donde se detectaron 5 tipos de desechos agroindustriales del cacao como: cáscara, mucílago, semilla, placenta y cáscara del grano. Por lo tanto, se recopiló varios proyectos con base a estos desechos tales como: evaluación de un biocomposito elaborado a partir de la cáscara de cacao y polipropileno, elaboración de una infusión con plantas medicinales Guayusa a base de la cascarilla del cacao, miel de abeja a base del mucílago del cacao, pan con levadura a base de la placenta del cacao.

Con el desarrollo de esta revisión sistemática, se puede afirmar que el valor agregado de los residuos orgánicos producto de la transformación del cacao tiene un alcance muy significativo en el mercado, por la diversidad de productos elaborados a base de estos.

Palabras clave: *Theobroma cacao L*, transformación, cacao, desechos agroindustriales, valor agregado

Abstract

This monograph, is a review of scientific literature on the use of various agroindustrial cocoa wastes, both nationally and internationally, where these wastes have not been given importance in the different industries, ignoring the benefits that bring with each of the parts that are considered as waste, therefore, the main objective of this research is to conduct a systematic review of the products made from organic wastes arising from the various stages of transformation of the cocoa bean for different uses in the agroindustry.

Therefore, the methodology applied to the development of this monograph was to identify direct sources of information for the bibliographic collection of the topic through the review of scientific articles, technical papers, and graduate work, among others, where 5 types of agroindustrial cocoa wastes were detected: shell, mucilage, seed, placenta and bean shell.

Therefore, several projects were compiled based on these wastes such: the evaluation of a biocomposite made from cocoa shell and polypropylene, elaboration of an infusion with medicinal plants Guayusa based on the cocoa husk, bee honey based on cocoa mucilage, bread with yeast based on cocoa placenta.

With the development of this systematic review, it can be affirmed that the added value of organic residues from cocoa processing has a very significant scope in the market, due to the diversity of products made from them.

Keywords: *Theobroma cacao* L, processing, cocoa, agro-industria wastes, value addition

Tabla de contenido

Introducción	155
Problema	177
Justificación	199
Objetivos	211
Objetivo general.....	211
Objetivos específicos.....	21
Aspectos Metodológicos.....	222
Marco Teórico.....	233
Origen Botánico.....	233
Taxonomía.....	333
Composición química y valor nutricional.....	35
Propiedades Fisicoquímicas del Chocolate y su Variabilidad.....	411
Proceso de Cosecha.....	433
Proceso de Transformación del Cacao.....	455
Beneficios del Cacao.....	533
Desechos Agroindustriales Generados en el Procesamiento de Cacao.....	566
Cáscara de Cacao.....	566
Granos de Cacao.....	6060

Mucílago del Cacao	622
Cáscara de Grano de Cacao	666
Semilla del Cacao	688
Placenta del Cacao	699
Valor Agregado de los Desechos Agroindustriales del Cacao	722
Pan a partir de la Placenta del Cacao	722
Remoción de Metales Pesados Empleando la Cáscara de Cacao	799
Bebida a Base del Mucílago del Cacao.....	822
Elaboración de un Biocomposito con Aplicación en la Construcción Sostenible ..	844
Diseño de una Bebida a Base de Tomate de Árbol y Cascarilla de Cacao.....	911
Desarrollo de una Infusión de Hojas de Moringa y Cascarilla de Cacao	944
Conclusiones.....	97
Referencias.....	98
Apéndices.....	111

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica.....</i>	33
Tabla 2 <i>Composición fisicoquímica de la pulpa del cacao.....</i>	36
Tabla 3 <i>Características físicas de los frutos y de las semillas del cacao.....</i>	37
Tabla 4 <i>Composición química de las semillas del cacao.....</i>	38
Tabla 5 <i>Composición centesimal de los granos del cacao fermentados y secos.....</i>	39
Tabla 6 <i>Composición química de la corteza del cacao.....</i>	40
Tabla 7 <i>Composición de los granos del cacao de varios orígenes geográficos.....</i>	42
Tabla 8 <i>Consideraciones sobre la masa madre para la preparación de levadura.....</i>	75
Tabla 9 <i>Formulación completa de hogazas de pan.....</i>	76

Lista de figuras

Figura 1 <i>Partes del grano del cacao</i>	23
Figura 2 <i>Distribución nacional de la producción del cacao en Colombia</i>	24
Figura 3 <i>Almendras de cacao del tipo criollo (claras) y forastero (violeta)</i>	25
Figura 4 <i>Aspecto de la planta y el fruto del árbol de cacao</i>	27
Figura 5 <i>Sistema radicular del árbol de cacao</i>	28
Figura 6 <i>Tallo del árbol de cacao</i>	28
Figura 7 <i>Hojas del árbol de cacao</i>	29
Figura 8 <i>Flor del árbol de cacao</i>	30
Figura 9 <i>Cacao</i>	31
Figura 10 <i>Semillas del cacao</i>	32
Figura 11 <i>Aspecto del fruto del árbol del cacao</i>	32
Figura 12 <i>Vainas y granos del cacao</i>	41
Figura 13 <i>Vaina del cacao</i>	43
Figura 14 <i>Vainas amarillentas del cacao</i>	44
Figura 15 <i>Proceso de inmaduro a maduro del cacao</i>	45
Figura 16 <i>Cacao sin fermentar</i>	46
Figura 17 <i>Calidades del cacao desde el punto de vista de la genética</i>	47
Figura 18 <i>Fermentación del cacao</i>	48
Figura 19 <i>corte de las vainas del cacao</i>	48
Figura 20 <i>Cáscara y funículo de la extracción del cacao</i>	49
Figura 21 <i>Secado del cacao</i>	52

Figura 22 <i>Cáscara del cacao</i>	57
Figura 23 <i>Cáscara de la mazorca del cacao</i>	58
Figura 24 <i>Variiedad de cacao CCN 51</i>	59
Figura 25 <i>Granos del cacao</i>	61
Figura 26 <i>Cáscara y pulpa del grano del cacao</i>	62
Figura 27 <i>Mucílago del cacao</i>	63
Figura 28 <i>Pulpa del cacao</i>	64
Figura 29 <i>Cáscara del grano del cacao</i>	66
Figura 30 <i>Compuestos químicos que contiene la cascara del grano de cacao</i>	67
Figura 31 <i>Semilla del cacao</i>	68
Figura 32 <i>Placenta del cacao</i>	70
Figura 33 <i>Imágenes digitales del área de las migas de las barras de pan</i>	78
Figura 34 <i>Diagrama de elaboración del néctar a base del mucilago</i>	83
Figura 35 <i>Cacao CNN – 51</i>	85
Figura 36 <i>Cacao criollo</i>	86
Figura 37 <i>Caracterización de muestras para la elaboración del biocomposito</i>	87
Figura 38 <i>Biocompuesto sin cáscara tratada</i>	88
Figura 39 <i>Biocompuesto con cáscara tratada</i>	89
Figura 40 <i>Micrografía del polipropileno</i>	89
Figura 41 <i>Diagrama de elaboración de la bebida a base de tomate de árbol</i>	92

Lista de apéndices

Apéndice A Diagrama del proceso de beneficio del cacao.....	111
Apéndice B Planta de producción de chocolate	112

Introducción

Colombia es el décimo productor de cacao en el mundo y quinto en América Latina, en donde el trabajo de los productores está enfocado solamente en la productividad específica del sector. Por las condiciones agroecológicas y la ubicación geográfica del país, el cacao se cultiva en grandes cantidades, y solo en zonas específicas se produce este maravilloso fruto de excelente sabor y aroma (Frank, 2021).

El cacao se usa principalmente en la producción de chocolate, pero también tiene otros usos como lo es, el cacao en polvo, que se utiliza para dar sabor a galletas, pasteles y helados. La manteca de cacao que se fortalece en la industria farmacéutica y en la producción de productos de belleza. La pulpa del cacao que se usa para hacer bebidas y por último la cascarilla que sirve como alimento para animales (Suarez, 2016).

Los residuos agroindustriales cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas debido a que los residuos resultantes tienen componentes nutricionales que se puede incluir como ingrediente principal en algunos alimentos (Vargas & perez , 2018). La industria del cacao en Colombia genera aproximadamente 400.000 toneladas anuales de residuos, por lo tanto, la producción cacaotera solo aprovecha un 10 % del fruto y el 90 % restante son residuos, es así como a través de la agroindustria y la nanotecnología dichos residuos se pueden utilizar para obtener beneficios en la alimentación (Torres,2019).

El uso de estos desechos constituye una alternativa promisoría para la extracción de polifenoles los cuales están compuestos por antioxidantes con beneficios para la salud, estos inhiben la aparición de las reacciones de cadena oxidativa, generalmente producidas por los

radicales libres (Ackar et al., 2013). El contenido de polifenoles totales en el cacao puede oscilar entre 75,5 y 43,5 mg GAE /g (GAE Galic Acid Equivalent (equivalente de ácido gálico)) (Foureau et al., 2013). Debido a los antioxidantes mencionados anteriormente y los diversos componentes nutricionales que brindan dichos residuos agroindustriales, se resalta la importancia de conocer el proceso de transformación del cacao debido a que ofrece la oportunidad de generar un valor agregado a la producción de desechos que se origina a través de este proceso agroindustrial. Por lo tanto, esta monografía muestra el análisis de información referente a los productos elaborados a partir de los desechos agroindustriales que se obtienen en las diversas etapas de transformación del cacao (*Theobroma cacao L.*).

Problema

Los residuos agroindustriales del cacao han creado serios problemas ambientales ya que la pulpa y las cáscaras se vierten en el suelo que rodea a los árboles de cacao, lo que genera olores fétidos y degradación del paisaje, así como molestias por contaminación de suelos y de agua circundantes durante la temporada de lluvias debido a las corrientes del agua de lluvia (Franco Castillo et al., 2010). Los residuos resultantes consisten principalmente en la cáscara, que también se estima que es un foco para la propagación de *Phytophthora spp*, que es la principal causa de las pérdidas económicas en la producción de cacao, y la pulpa, que, aunque compuesta principalmente por agua, contiene azúcares que permiten bacterias para multiplicarse y otros organismos no deseados. La cáscara de cacao ha sido postulada en la literatura como fuente de polímeros útiles, desde espumas de poliuretano para uso hortícola (Padrón-Gamboa et al., 2004), hasta pectinas por su precio relativamente bajo (Fontes, 1972; Bazarte et al., 2008; Ramírez-Hernández et al., 2008).

El grano de cacao (*Theobroma cacao L*) respecto a su composición presenta un 50% en grasa, entre el 20 al 25% almidón y azúcar, 4% de cenizas, 0,5 a 2,5% de treobromina, y algunos compuestos nitrogenados (Portillo et al., 2011). El cacao, es una fruta ancestral de renombre mundial, originaria de tribus indígenas, el cual contiene semillas que se procesan para formar una pasta llamada chocolate, que se convierte en un producto comercial y familiar. La transformación industrial del cacao genera restos orgánicos como cáscaras y las cortezas que protegen las semillas. Hoy en día es muy apreciado por su alto valor nutricional y versatilidad en la industria alimentaria (Mucuy, 2014).

La seguridad alimentaria, se refiere al uso de una variedad de recursos y estrategias para garantizar que los alimentos sean seguros y nutritivos, comestibles y accesibles para todas las

comunidades, especialmente aquellas con acceso limitado a los alimentos (Chavarías, 2014). Por lo tanto, los desechos orgánicos se consideran residuos que a menudo se reciclan en la agricultura, como el compostaje o se utilizan para la alimentación animal. Muchas veces el mal uso de estos conduce a la contaminación ambiental, por lo que se debe asegurar un buen tratamiento y aprovecharlos de la mejor manera posible (Gutiérrez & Barrera, 2018).

De acuerdo con la información anterior, se evidencia que a nivel industrial no se tiene conciencia de la utilización de los desechos que quedan en la producción del chocolate, los cuales pueden brindar un excelente valor agregado, a los desechos agroindustriales del mismo, elaborando productos innovadores hacia el mercado local, regional, nacional e internacional, por lo tanto, cuando se producen estos residuos, provocan importantes pérdidas en la producción de estos frutos, es decir, se desperdicia una fuente indispensable en la producción de alimentos. Por lo tanto, al investigar este producto, se planteó la siguiente pregunta:

¿Qué usos se le puede dar a los desechos agroindustriales del cacao para ser aprovechados en las diferentes industrias?

Justificación

La elaboración de la presente monografía tiene como objetivo principal, realizar un análisis de información referente a los productos elaborados a partir de los desechos agroindustriales que arroja el cacao (*Theobroma cacao L*) en sus distintas etapas de transformación.

En la fabricación de productos a base de cacao, el rendimiento de los granos es del 85% aproximadamente, el resto (cascarilla) es considerado como desecho (Mejía et al., 2017).

Adicionalmente, también se identifican otros subproductos como cáscara de la mazorca y los lixiviados que se producen durante la fermentación y que, además de considerarse inservibles, generan impacto en el medio ambiente (CAOBISCO et al., 2015).

Aprovechar estos subproductos puede crear una alternativa para ofrecer costos adicionales y proponer fuentes adicionales de ingresos para los productores del subsector cacao, al tiempo que reduce la generación de residuos almacenados en el medio ambiente (Mejía et al., 2017). En este sentido, ciertos estudios han evidenciado que subproductos como las cascarillas tienen la posibilidad de ser utilizados como alimento y fuente de energía de origen no clásico para animales, incluyendo bovinos, ovinos y caprinos, donde se obtienen buenos rendimientos en la ganancia de peso y en la mejora del sabor de la carne de estos animales. Esta cáscara presenta un alto contenido en polifenoles con capacidad antioxidante, es rica en fibra dietética y tiene un alto valor nutritivo, por lo que tiene potencial en la alimentación humana, como infusiones o elaboración de galletas (Barazarte et al., 2008).

Cabe resaltar que la importancia de aprovechar estos residuos radica en la contribución que se le brinda al medio ambiente mitigando las afectaciones causadas en la producción agrícola y agroindustrial del cacao, al tiempo que se generan alternativas de valor agregado para los agricultores. Estos aprovechamientos se deben hacer bajo la normatividad legal vigente y

teniendo en cuenta que el sector cacaoero en Colombia requiere investigaciones y propuestas en este sentido, para lograr el crecimiento económico, la equidad y la sustentabilidad ambiental, como una forma de contribuir al desarrollo sostenible del país (Federación Nacional de Cacaoteros, 2013).

El propósito de esta monografía es informar a diversos lectores que existen varios enfoques que se pueden utilizar para agregar valor a los residuos de cacao orgánico; algunos de ellos son; el uso de cáscaras de cacao para desarrollar biocompuestos para ingredientes activos básicos sostenibles (Rojas,2019) , la elaboración de un té a base de moringa y cascarillas del cacao (Bastidas & Sojos, 2017), el diseño de una bebida de tomate de árbol que contiene cascarillas de cacao (Escobar, 2017), la introducción de la extracción de pectina de la cáscara del cacao, subproducto del método agroindustrial (Guerrero et al., 2017), y el mucílago en polvo de la cáscara del cacao, método alternativo para la clarificación del jugo en la Industria Panelera (Villanueva, 2018).

Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis de información referente a los productos elaborados a partir de los desechos agroindustriales que obtienen en las diversas etapas de transformación del cacao (*Theobroma cacao L*).

Objetivos específicos

Identificar las propiedades fisicoquímicas del cacao y su proceso de beneficio.

Clasificar los desechos agroindustriales generados en el procesamiento de cacao.

Conocer el valor agregado de los desechos agroindustriales que se obtienen en la transformación del cacao en la generación de nuevos productos.

Aspectos Metodológicos

La metodología utilizada para el desarrollo de esta monografía se tomó como referencia la información bibliográfica de diferentes fuentes como; revistas científicas, tesis y artículos científicos para tener una visión clara de cómo se puede generar un valor agregado, a los diferentes desechos agroindustriales en la transformación del cacao tales como (cáscara, mucílago, semilla, placenta y cáscara del grano), por lo que esta monografía es de carácter investigativa literaria.

Por lo tanto, el método propuesto para esta monografía es de carácter no experimental; por lo que se basó en la búsqueda de información de diferentes fuentes bibliográficas y así poder analizar de manera detallada los diferentes productos que se pueden elaborar a base de los desechos agroindustriales del cacao y los beneficios que estos traen para el ámbito comercial. Además, para la recolección de información y resultados de las investigaciones relacionadas al tema propuesto, se utilizó como medio principal la revisión bibliográfica, donde se citaron documentos, revistas y artículos científicos desde el año 1985 a 2022, las cuales nos proporcionaron información relevante y fueron de ayuda para la producción de esta monografía.

Marco Teórico

Origen Botánico

Theobroma cacao L conocido comúnmente solo como cacao (figura 1) distinguido mundialmente por ser la materia prima en la producción de diversos productos alimenticios tales como chocolate, pasteles dulces o helados entre otros (Anvoh, Bi, & Gnakri, 2009). El comercio mundial de productos primarios como éste es de suma importancia en la producción de muchos países subdesarrollados, además se ha visto que la tendencia en la producción de este producto ha sido ascendente (Quintero R & Díaz Morales, 2004). Según la FAO la producción de cacao en grano entre 1994-2018 se ha repartido en: 67.1% para África, 16.8% para Asia, 14.9% para América y 1.2 % para Oceanía (FAOSTAT, 2018). Pero a pesar de todos estos hechos el cacao en algunos años ha disminuido su productividad debido a las presencias de enfermedades, principalmente fúngicas que pueden ocasionar pérdidas en promedio de 30% y es lo que más afecta a esta especie (Suárez & Hernández, 2010).

Figura 1

Partes del grano del cacao



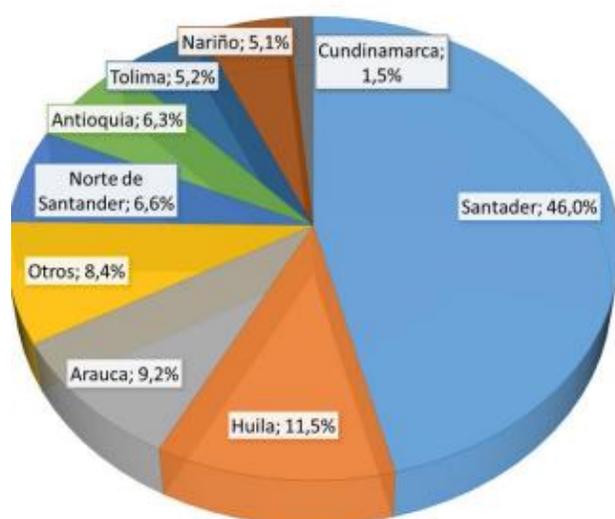
Fuente. (Lozano, 2020)

El cacao tiene varios beneficios asociados para Colombia. Esto se debe a que todo el territorio del país se ubica en esta área geográfica y el territorio presenta una clara ventaja comparativa y competitiva para la producción de esta materia prima (Roa Ortiz, 2009). Además, el cacao es uno de los primeros productos básicos en los países productores y clientes, y nuestra región se enfoca principalmente en la producción de chocolate, cuyas características asociadas logran productos de alta calidad. (Niño Bernal, 2015).

De Colombia proviene entre el 1,5 – 12,4% de la producción mundial de cacao, llegando a fabricar 52.743 toneladas para 2018, este es cultivado en 30 departamentos de los cuales el que más se ha destacado en su producción es el Santander con 46,2%, luego de este le siguen norte de Santander, Huila, Arauca, Tolima, Nariño, Antioquia y Cundinamarca con los porcentajes expuestos en la figura 2 , estos representan en conjunto un 45,4 % del total respectivamente y llegando a tener en 2018 un total de 145.471 hectáreas cultivadas en el país (Baena, Garcia Cardona, & Guerrero Álvarez, 2012; Baquero López, 2019; FAOSTAT, 2018).

Figura 2

Distribución nacional de la producción de cacao en Colombia



Fuente. (Lozano, 2020)

El cacao (*Theobroma cacao L*) es una materia prima de chocolate de renombre mundial perteneciente a clase Magnoliopsida, orden Malvaceae, familia Malvaceae, género *Theobroma* y especie cacao y es el principal fruto del género cultivado debido a su valor e importancia de semilla (Argout et al., 2001; CEPLAC, 2001; Alejandro et al., 2015; Kongor et al., 2016). El cacao (*Theobroma cacao L*) es un cultivo tropical originario de la cuenca Amazónica, abunda en los bosques húmedos de Colombia (González-Orozco et al., 2020), donde predominan suelos ácidos (Quesada et al., 2009). Allí crece el cacao, aunque estas condiciones de acidez ($\text{pH} < 5,5$) disminuyen la disponibilidad y la absorción de nutrientes (Rosas-Patiño et al., 2017).

El árbol del cacao es originario de las regiones selváticas de América tropical, y hasta el día de hoy todavía existe en la naturaleza desde Perú hasta México. Charles de L'Ecluse fue el primero en referirse al cacao como el fruto del cacao en la literatura botánica. Posteriormente (1737) Linneo lo describió como *Theobroma fructus*. Sin embargo, en 1753, el mismo Linneo ideó un nombre especial para el árbol del cacao, que todavía se usa en la actualidad.

Los botánicos creen que el cacao es originario de la cabecera del río Amazonas, y se ha expandido en dos direcciones, originando dos grupos importantes: Criollo y Forastero como se ilustran en la figura 3 (Pires, 2003). Según Beckett (1994) estos términos se utilizaron inicialmente en Venezuela para distinguir el material nativo de la región (Criollo), del material introducido (Forastero) (Souza et al., 2018).

Figura 3

Almendras de cacao del tipo criollo (claras) y forastero (violeta)



Fuente. (Gutiérrez, 2005).

El Criollo se extiende desde el norte hasta el río Orinoco, a través, de América Central y el sur de México y produce frutos grandes con una superficie arrugada, delgada o gruesa y de color rojo o verde (Tucci et al., 1996). Sus semillas también son grandes y de color blanco o violeta en su interior. Esta es una variedad de cacao cultivada por los aztecas y los indios mayas. Forastero se ha extendido a Guyana a través de la cuenca del Amazonas. Es un verdadero cacao brasileño con semillas oscuras, de color púrpura oscuro o negro por dentro, verde cuando está inmaduro, amarillo cuando está maduro, ovalado, de superficie lisa e imperceptiblemente arrugado o rugoso (Beckett, 1994; CEPLAC, 2001; Souza et al., 2018).

Según Batalha (2009) la planta de cacao se desarrolla en el clima cálido y húmedo en un rango geográfico comprendido entre el 20 % y el 20 %. Su cultivo se extiende desde Venezuela, pasando por Colombia, Centroamérica y México. Al dispersarse por el río Amazonas, también llega a las Guayanas. Sin embargo, cerca del 70% de la producción mundial procede de África Occidental, principalmente de Costa de Marfil (40%), Ghana (20%), Nigeria (5%) y Camerún (5%). Brasil, en 1989, era el segundo mayor productor de cacao del mundo, cayó a la cuarta posición, representando sólo el 4% (Leite, 2012; Souza et al., 2018).

Según datos de CEPLAC (2001), la planta de cacao se puede describir de la siguiente manera:

Altura: Altura hasta 5 - 8m, diámetro de copa 4 - 6m. Sin embargo, en condiciones de selva puede alcanzar los 20 m, ya que compite con otras especies por la luz como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Aspecto de la planta y el fruto del árbol de cacao



Fuente. (Souza et al., 2018)

Sistema radicular: Consiste en una raíz, cuya longitud y forma depende de la estructura, textura y consistencia del suelo. En suelos profundos y bien ventilados, su raíz pivotante crece hasta 2 m. Las raíces secundarias son las responsables de la nutrición de las plantas y normalmente del 70% al 90% de ellas se ubican en los primeros 30 cm del suelo (Souza et al., 2018).

Figura 5*Sistema radicular del árbol del cacao*

Fuente. (Goenaga et al., 2015)

En la figura 5 se muestra el sistema radicular representativo de árboles de cacao excavados a una profundidad de 1,5m en Corozal, Puerto Rico.

Tallo: erecto, el crecimiento de las yemas terminales se detiene a una altura de 1,0 - 1,5 m en 2 años. Luego aparece la primera copa, compuesta por 35 ramas principales, que se multiplican en otras ramas laterales y secundarias. En los primeros años, el árbol del cacao tiene la corteza desnuda. Más tarde, gracias al desarrollo de las esteras de flores, se volvió cada vez más tosco (Souza et al., 2018). Como se ilustra en la figura 6.

Figura 6*Tallo del árbol de cacao*

Fuente. (INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), 2012)

Hojas: como se ilustra en la figura 7 las hojas son alargadas, puntiagudas, lisas, con nervaduras prominentes en el medio. Cuando son jóvenes, según el clon o cultivar, su color varía del verde (más o menos rosado) a púrpura, según la cantidad de antocianinas presentes. A medida que envejecen, las hojas pierden su pigmentación y se vuelven de color verde claro, eventualmente verde oscuro y rígidas. (Souza et al., 2018).

Figura 7

Hojas del árbol de cacao



Fuente. (INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), 2012)

Flores: Las flores de cacao aparecen en alfombras de flores sobre troncos o ramas de árboles, a partir de nuevos brotes en las axilas de hojas viejas. La flor es hermafrodita con la siguiente composición: cinco sépalos, cinco pétalos, cinco estaminodios, cinco estambres y un pistilo, y tiene cinco óvulos en el ovario. Las flores de cacao tienen características estructurales que limitan la polinización por insectos. Los principales polinizadores del cacao son un pequeño grupo de insectos pertenecientes a la familia de escarabajos Ceratidae. Los árboles de cacao amazónicos tienen dos picos de floración: un pico de floración secundario que coincide con el inicio de la estación seca y un pico de floración principal que ocurre al final de la estación seca y al comienzo de la estación lluviosa. Cada año, un árbol de cacao maduro puede producir más de

100.000 flores, pero solo el 0,1 % produce frutos. Las flores sin polinizar caen en 48 horas. En cambio, las flores polinizadas y fertilizadas permanecen unidas al tallo y desarrollan frutos (Souza et al., 2018), flor que se puede observar en la figura 8.

Figura 8

Flor del árbol del cacao



Fuente. (INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), 2012)

El cacao es una especie cauliflora, es decir, que las flores y frutos se forman en el tallo y en las ramas maduras. El árbol produce las inflorescencias en pequeños salientes denominadas cojinetes florales. La flor es hermafrodita, pequeña (1-2 cm de diámetro), pentámera y sostenida por un pedicelo de 1 a 3 cm., con una constricción en su base. Posee cinco sépalos unidos en su base, de color blanco o rosado, con pétalos alternos fusionados a los sépalos. Cada pétalo está formado de un capuchón, cogulla o concha, que cubre las anteras del estambre (INTA, 2012).

Fruto: Tiene un pericarpio carnoso que consta de tres partes diferenciadas: el exocarpio, la pulpa es gruesa y su extracto de exocarpio puede ser pigmentado. El mesocarpio es delgado y duro, pero no muy leñoso, y el endocarpio es carnoso, no demasiado grueso. Generalmente, la fruta es verde cuando no está madura y amarilla cuando está madura. Otros son de color púrpura (burdeos) cuando se desarrollan y anaranjados cuando maduran. El tiempo desde la polinización

hasta la maduración del fruto varió de 140 a 205 días, con un promedio de 167 días. El índice de frutos (el número de frutos necesarios para producir 1 kg de cacao comercial) suele oscilar entre 15 y 31 frutos (Souza et al., 2018), esta descripción se ilustra en la figura 9.

Dicho tejido representa 40-52% del peso fresco de la semilla madura (Biehl et al., 1989; Saposhikova, 1952) y contiene mayoritariamente agua (78-80%), azúcares simples (10-15%), ácido cítrico (1-3%), proteínas ($\leq 1\%$), grasas ($\leq 0,5\%$), aminoácidos ($\leq 0,2\%$), entre otros, (Schawn et al., 1995; Lima et al., 2011). La pulpa es rica en carbohidratos y tiene un pH bajo, favoreciendo de esta manera el desarrollo de microorganismos como las levaduras, las cuales forman parte fundamental en el proceso postcosecha del cacao contribuyendo de esta manera a larga relación con la sociedad humana debido a su vino desde hace aproximadamente 5.000 años (Fleet, 2006). De acuerdo con la cantidad de ácidos absorbidos, los triglicéridos asumen formas de agregación particulares (compacta o dispersa) que restringen tanto la extensión de las reacciones enzimáticas como la exudación de los productos resultantes, muchos de los cuales son precursores aromáticos tales como: aminoácidos, péptidos, azúcares, entre otros (Biehl et al., 1993).

Figura 9

Cacao



Fuente. (INTA, 2012)

Semilla: La forma varía de elipsoide a ovoide, de 23 cm de largo. Se cubre con una baba blanca con un sabor agridulce. Los embriones tienen dos cotiledones que varían en color de blanco a morado, así como se muestra en la figura 10. Los granos de cacao son muy sensibles a los cambios de temperatura y mueren poco después de la deshidratación (Souza et al., 2018).

Figura 10

Semillas del cacao



Fuente. (INTA, 2012)

El proceso de germinación inicia cuando la mazorca alcanza su madurez fisiológica. El peso varía de 2 a 3.7 gr según la genética del clon. La longitud de las semillas varía de 20 a 30 mm y de ancho entre 10 a 17 mm como se observa en la figura 11. La forma de la semilla también varía mucho desde triangulares, ovoides, alargadas o redondeadas, chatas o aplastadas (INTA, 2012).

Figura 11

Aspecto del fruto del árbol de cacao



Fuente. (Souza et al., 2018)

Taxonomía

Theobroma cacao l es de origen exclusivamente neotropical y su dispersión natural es en las selvas tropicales de tierras bajas que se extienden desde la cuenca del Amazonas hasta el sur de México (Cuatrecasas, 1964).

Existe una mínima evidencia sobre la práctica del cultivo del cacao por parte de los diversos grupos indígenas de la selva amazónica (Sánchez et al., 1989; Bartley, 2005). Los parientes silvestres del cacao incluyen dos grupos diferentes de germoplasma. El primero es el amplio espectro de poblaciones silvestres que crecen simultáneamente en la selva amazónica, desde la Guayana Francesa hasta Bolivia. No existe ninguna barrera reproductiva entre los árboles de cacao cultivados y los silvestres. Las características morfológicas incluso de los antiguos cultígenos, el cacao criollo de Mesoamérica, son similares a las de sus homólogos silvestres (Iwaro et al., 2005). Por lo tanto, el cacao silvestre puede utilizarse en la cría o la producción comercial, ya sea como progenitores o como clones (Bhattacharjee, 2018). La segunda categoría de cacao silvestre es la de las 22 especies de *Theobroma* (Cuatrecasas, 1964), ya que tres publicaciones académicas han reconocido un número diferente de especies de *Theobroma* antes de Cuatrecasas (1964), que incluían 18 especies (Bernoulli, 1869), 11 especies (Schumann, 1886) y 13 especies (Chevalier, 1946). Bernoulli (1869) describió cinco categorías basadas en la morfología floral y la estructura del fruto (Bhattacharjee, 2018).

Tabla 1

Clasificación Taxonómica

Nombre científico	<i>Theobroma cacao</i>
L. nombre común	Cacao

Otros nombres científicos	Theobroma pentagonum Bernoulli, Theobroma sativum (Aubl.) Lign y Le Bey
Dominio	Eukaryota
Reino	Plantas
Infra – Reino	Streptophyta (plantas terrestres)
Subreino	Tracheobionta (plantas vasculares) Viridiplantea
Superdivisión	Spermatophyta (plantas con semillas) Embryophyta
División	Magnoliophyta (plantas con flores)
Filo	Spermatophyta
Subfilo	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida como el café o el te
(Dicotiledóneas)Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae / Sterculiaceae
Género	<i>Theobroma</i>
Especies	<i>Theobroma cacao</i>

Fuente. (Bhattacharjee, 2018)

Desde mediados del siglo XX, las variedades del cacao se dividen en tres grupos: Criollo: presenta almendras más grandes y de color muy claro que va del violeta pálido o rosado pasando por el marfil al blanco. Produce un grano muy aromático y suave. Forastero: es característico por la acidez del grano, el pequeño tamaño de la almendra, su sabor amargo y color bastante

pigmentado de los cotiledones; y Trinitario: provenientes de la isla de Trinidad provienen de cruces espontáneos y dirigidos de criollos y forasteros, por lo cual presentan características intermedias de estos dos tipos y una amplia variabilidad genética. Son algunos de los materiales más difundidos hoy en día a nivel mundial. Presentan en general buenos rendimientos y alta tolerancia a problemas fitosanitarios. Basado en descriptores morfológicos y origen geográfico (Enríquez & Soria, 1967; Engels 1981). Estudios genéticos recientes indican que esta categorización amplia es demasiado simplista con respecto al término forastero y no reconoce la cantidad significativa de variación genética contenida en este grupo. En contraste, el criollo se refiere a un grupo de árboles genéticamente similares que producen semillas ligeramente pigmentadas y comparten otros rasgos morfológicos. Trinitario se refiere a híbridos de las cepas criollo y forastero (Bhattacharjee, 2018).

Composición química y valor nutricional

Los productos del cacao se clasifican por su alto contenido energético (Lopes, 2008) y antioxidantes (Nasrollahzadehet et al., 2015), esto obedece al alto contenido de grasa que oscila entre el 40 y 50% (Alvarez et al., 2007; Rusconi & Conti, 2010), y compuestos bioactivos como los polifenoles (Ioanonne et al., 2015; Santos et al., 2015). Los principales compuestos fenólicos encontrados en el cacao están dentro del grupo de los taninos y los flavonoides (Efraim et al., 2011). Los flavonoides tienen una acción antiinflamatoria contra las enfermedades cardiovasculares y la prevención de la oxidación del colesterol (Santos et al., 2015), impidiendo o retrasando la grasa que se acumula en las paredes de los vasos sanguíneos (Silva et al., 2013). En la tabla 2 se muestran las características principales en cuanto a la parte fisicoquímica de la pulpa del cacao.

Tabla 2*Composición fisicoquímica de la pulpa de cacao*

Características	Unidad	Valores		Fuente
pH		3.19	3.45	Alexandre et al. (2015)
Acidez titulable	Ácido cítrico	1.57	2.12	Alexandre et al. (2015)
Sólidos solubles	°Brix	12.97	16.5	Alexandre et al. (2015)
Vitamina c	mg 100	3.30	7.60	Penha & Matta (1998)
Proteína	g 100	0.73	1.13	Penha & Matta (1998)
Lípidos	g 100	0.12	0.65	Penha & Matta (1998)
Contenido de agua	g 100	75.33	80.0	Penha & Matta (1998)
Actividad del agua		0.90	6	Penha & Matta (1998)
Fibras	g 100	0.29	0.35	Penha & Matta (1998)

Almidón	g 100	3.65	4.58	Penha & Matta (1998)
Sacarosa	g 100	6.62	8.22	Penha & Matta (1998)
Glucosa	g 100	3.72	5.29	Penha & Matta (1998)
Fructosa	g 100	4.41	5.95	Penha & Matta (1998)

Fuente. (Souza et al., 2018).

En la tabla 3 se encuentran las características físicas de los frutos y las semillas del cacao, allí encontraras los valores o rangos en los que se encuentran dichas características en el cacao con sus respectivas unidades y fuentes de donde se extrajo la información

Tabla 3

Características físicas de los frutos y semillas de cacao

Características	Unidad	Valores		Fuente
Masa total de la fruta	g	491.50	1,12 4, 27	Alexandre et al. (2015)
Masa total de corteza	g	392.92	912.04	Alexandre et al. (2015)
Porcentaje de pulpa	%	18.67	31.64	Alexandre et al. (2015)
Diámetro transversal del fruto	cm	8.46	11.14	Penha & Matta (1998)

Diámetro longitudinal del fruto	cm	13.89	23.23	Penha & Matta (1998)
Número de semillas				Penha & Matta (1998)
Anchura de la semilla	mm	11.86	14.45	Penha & Matta (1998)
Grosor de la semilla	mm	6.19	9.85	Penha & Matta (1998)
Masa de semillas	g	0.68	1.93	Penha & Matta (1998)
				Loureiro (2012)

Fuente. (Souza et al., 2018).

En la tabla 4 a diferencia de la anterior se describe únicamente la composición química de las semillas del cacao donde se toma el rango de cada característica con sus respectivas unidades y también se encuentran los autores que se tomó como referencia para poder situar la información.

Tabla 4

Composición química de las semillas de cacao

Características	Unidad	Valores		Fuente
pH		4.66	5,25	Efraim (2009)
Acidez titulable	meq NaOH 100 g ²¹	2.17	3.93	Efraim (2009)
Contenido de agua	g 100 g ²¹	52.95	58.15	Efraim (2009)
Actividad del agua	mg g ²¹	0.97	0.99	Efraim (2009)
	mg g ²¹	7.37	11.84	Efraim (2009)

Sacarosa				
Glucosa	mg g^{21}	21.09	61.94	Efraim (2009)
Fructosa	mg g^{21}	16.82	66.43	Efraim (2009)
Compuestos fenólicos	mg 100 g^{21}	129.04	168.83	Efraim (2009)
Nitrógeno total	g 100 g^{21}	24.05	29.13	Efraim (2009)

Fuente. (Souza et al., 2018).

En la tabla 5 expone la composición centesimal de los granos de cacao fermentados y secos en donde se interpretan las características tales como lípidos, contenido de agua, proteínas etc. Con su respectivos valores y unidades, además de las fuentes en donde se recopiló la información.

Tabla 5

Composición centesimal de los granos de cacao fermentados y secos

Características	Unidad	Valores	Fuente
Contenido de agua	%	35.00	Koblitz (2011)
Lípidos	%	31.30	Koblitz (2011)
Proteína	%	8.40	Koblitz (2011)
Teobromina	%	2.40	Koblitz (2011)
Cafeína	%	0.80	Koblitz (2011)
Polifenoles (tatinos)	%	5.20	Koblitz (2011)
Hidratos de carbono, ácidos y fibras	%	13.70	Koblitz (2011)
Cenizas	%	3.20	Koblitz (2011)

Total	%	100.00	Koblitz (2011)
-------	---	--------	----------------

Fuente. (Souza et al., 2018).

EN la tabla 6 se evidencia la composición química de la corteza del cacao con algunas de las características más importantes y fuentes de donde se logró identificar la información.

Tabla 6

Composición química de la corteza del cacao

Características	Unidad	Valores	Fuente
Contenido de agua	%	8.50	Vriesmann et al. (2011)
Cenizas	%	6.70	Vriesmann et al. (2011)
Proteína	%	8.60	Vriesmann et al. (2011)
Lípidos	%	1.50	Vriesmann et al. (2011)
Carbohidratos totales	%	32.30	Vriesmann et al. (2011)
Carbohidratos de bajo peso molecular	%	19.20	Vriesmann et al. (2011)
Lignina	%	21.40	Vriesmann et al. (2011)
Fibras insolubles	%	27.00	Vriesmann et al. (2011)
Fibras solubles	%	9.60	Vriesmann et al. (2011)
Total, de fibras	%	36.60	Vriesmann et al. (2011)
Ca	%	0.254	Vriesmann et al. (2011)
K	%	2.768	Vriesmann et al. (2011)
Mg	%	0.1109	Vriesmann et al. (2011)
Fe	%	0.0058	Vriesmann et al. (2011)
Na	%	0.0105	Vriesmann et al. (2011)

Fuente. (Souza et al., 2018.)

Propiedades Fisicoquímicas del Chocolate y su Variabilidad

El árbol del cacao es un árbol de hoja perenne de amplias ramas que actualmente crece dentro de los 20°C de la latitud ecuatorial. Como especie tropical, vive en áreas caracterizadas por temperaturas cálidas (18/21-30/32°C), alta humedad (70-100%) y altitudes de hasta 600 m. Debido a que estos árboles son sensibles a la luz solar y al viento, se plantan a la sombra de los árboles más altos. La altura estándar del árbol de cacao en una plantación se mantiene entre 2 y 5 m, y produce mazorcas llamadas cabosse, que pueden tener hasta 30 cm de largo y 10 cm de ancho. Los frutos se cosechan dos veces al año, antes y después de la temporada de lluvias. Las vainas de cacao vienen en una variedad de formas y tamaños. Las vainas contienen de 20 a 50 semillas del tamaño de una almendra, aprox. 2 cm de largo y 1 cm de ancho, rodeado de una masa de moco. Los granos de cacao secos pesan alrededor de 1 gramo y están cubiertos por dentro por una capa exterior (Watson et al., 2013). como se muestra en la figura 12.

La composición física y química del grano de cacao es muy compleja y cambia a lo largo del ciclo de vida del grano de cacao, dependiendo principalmente del procesamiento y el origen geográfico. La tabla 7 muestra la composición química de diferentes variedades de granos de cacao (Watson et al., 2013).

Figura 12

Vainas y granos del cacao



Fuente. (Watson et al., 2013).

Tabla 7*Composición (%) de los granos de cacao de varios orígenes geográficos*

Constitución	Trinidad	Giava	Arriba	Caracas
Humedad	6.34	5.12	5.90	6.63
Lípidos	43.66	45.50	43.31	36.81
Celulosa	13.01	13.85	14.07	16.35
Pigmentos	8.31	8.90	9.00	12.72
albúmina	11.90	9.25	10.14	11.09
Almidón	4.98	5.17	6.37	3.81
Glucosa	1.38	1.23	0,42	2.76
Sacarosa	0.32	0.51	1.58	1.56
Teobromina	0.85	1.16	0.86	1.13
Ceniza	3.60	3.31	8.73	4.36

Fuente. (Watson et al., 2013).

El principal componente de los granos de cacao son parte de los lípidos, aproximadamente un 50%, constituida principalmente por lípidos neutros, con una fracción predominante de moléculas de triglicéridos (Watson et al., 2013).

La fracción proteica constituye del 10 al 15% del peso seco de las semillas de cacao y está compuesta por un 52% y un 43% de fracciones de albúmina y globulina, respectivamente. Otras proteínas, como las glutelinas y las prolaminas, están presentes en concentraciones más bajas. Los granos de cacao contienen estimulantes como la teobromina, la cafeína y la teofilina, que se denominan alcaloides de purina y afectan el sistema nervioso central. También se ha

informado varios compuestos bioactivos con efectos vasoactivos en los granos de cacao (Watson et al., 2013).

Proceso de Cosecha

La cosecha comienza a partir del segundo al cuarto año y los frutos se pueden cosecharse prácticamente durante cualquier temporada. A partir del quinto año, la cosecha se realiza en dos períodos: temporada de cosecha, de noviembre a febrero, y temporada baja, de abril a agosto (CEPLAC, 2001) (Bhattacharjee, 2018). El cambio de color de la corteza, que pasa de verde a amarillo o rojo según la variedad, indica el momento de la cosecha (EFRAIM, 2009) (Bhattacharjee, 2018).

Una vaina de cacao comienza como una pequeña flor, y esta da paso a una vaina regordeta Como se ilustra en la figura 13. La fruta tiene una temporada de crecimiento prolongada e incluso crece durante todo el año en algunos países, generalmente entre 20 grados al norte y al sur del ecuador. A diferencia de muchas de las frutas a las que estamos acostumbrados en los EE. UU., las vainas de cacao crecen durante todo el año y no todas tienden a madurar al mismo tiempo o incluso en la misma temporada (Jonasson,2017).

Figura 13

Vaina del cacao



Fuente. (Jonasson;2017).

Existen flores diminutas que crecen directamente en el tronco. Como se puede ver en la figura 14 que dos de ellos aproximadamente están en el medio del maletero. Al mismo tiempo, se nota la fruta de cacao inmadura, que es una fruta de color rojo casi violáceo profundo con toques de verde en la parte superior izquierda. Y también hay frutos maduros de cacao, las vainas amarillentas con una capa roja en el tronco cerca de las flores (Jonasson;2017).

Figura 14

Vainas Amarillentas del cacao



Fuente. (Jonasson;2017).

La figura 15 es un ejemplo del proceso de maduración del cacao de izquierda a derecha de la siguiente manera:

En la parte izquierda se ilustra una vaina de cacao que no está madura por ellos su color verde.

En el medio hay una mazorca de cacao que está ligeramente madura. Por ende, se tiene en cuenta el ligero color verdoso justo debajo de la capa exterior roja de la fruta.

Y por último en el lado derecho hay una vaina de cacao madura. Se tiene en cuenta su color amarillo pálido ya que se extiende a lo largo de la cáscara de la fruta directamente a la capa amarilla del exterior (Jonasson;2017).

Figura 15

Proceso de inmaduro a maduro del cacao



Fuente. (Jonasson;2017).

Proceso de Transformación del Cacao

El cacao y sus derivados tienen muchas propiedades útiles para la salud humana. Algunos informes sugieren que el consumo de cacao o chocolate reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares: Beneficios como la reducción del colesterol total y la regulación de la presión arterial (Zapata et al., 2015). Sin embargo, la calidad final de los granos de cacao depende en gran medida del proceso de beneficiado del cacao (fermentación y secado) donde se promueven las características físicas y organolépticas como el color, sabor y aroma característicos a chocolate (Pérez, 2007). En la figura 16 se ilustra el cacao antes de su debida fermentación.

Para las industrias procesadoras, el cacao de calidad es aquel que después de ser debidamente beneficiado, desarrolla plenamente el sabor y aroma característicos del chocolate al ser tostado y procesado. Además de esto, para las fábricas es también de importancia el tamaño del grano o almendra, el contenido de grasa y el porcentaje de cascarilla y humedad. Aunque

estos factores están fuera del control del productor, en los cultivos ya establecidos, pueden ser definidos en el momento de seleccionar el material de propagación (Gutiérrez, 2005).

Figura 16

Cacao sin fermentar



Fuente. (Gutiérrez, 2005)

Las industrias necesitan almendras con pesos superiores a 1 gramo, contenidos de grasa del orden del 55% del peso del grano seco sin cascarilla y ésta no debe superar el 12% del peso total del grano. Las características organolépticas pueden ser mejoradas a través de un correcto proceso de beneficio, pues éste contribuye a generar los procesos fisicoquímicos encargados de originar los compuestos precursores del aroma y el sabor del grano, atributos sobresalientes en relación con la calidad de la materia prima. De aquí la gran importancia del buen beneficio del grano de cacao para que sea un producto más atractivo en el mercado (Gutiérrez, 2005).

El beneficio, o manejo poscosecha del cacao, es el proceso final de la producción y su importancia radica en que de él depende en buena parte la calidad del grano. Para desarrollar la máxima calidad posible, es necesario realizar la selección de las mazorcas que se cosechan, un correcto proceso de fermentación y secado, y finalmente una exigente limpieza y clasificación

del grano. Estas prácticas garantizan en gran medida el mercado y el buen precio al productor. (Gutiérrez, 2005).

La calidad final del grano de cacao depende de factores tales como: las características hereditarias del material genético como se muestra en la figura 17 del cual provienen las semillas y/o yemas empleadas para la propagación de la planta, las condiciones climáticas en las cuales se desarrolla la planta, el manejo técnico que se le dé a la plantación, las prácticas de beneficio a que se someta el grano de cacao y las condiciones y manejo del almacenamiento de cacao una vez beneficiado.

Figura 17

Calidades del cacao desde el punto de vista de la genética



Fuente. (Gutiérrez, 2005)

La postcosecha comienza en el momento en que las mazorcas de cacao se desprenden del árbol. Termina cuando el grano está seco y listo para la venta o el procesamiento industrial, así como se muestra en la figura 18. La postcosecha incluye los procesos de fermentación y secado, que determinan en gran medida la calidad del chocolate (Hernandez & Abel, 2021).

Figura 18*Fermentación del cacao*

Fuente. (Buelvas Salgado, 2019).

La cosecha consiste en cortar, abrir el fruto (vainas) como se evidencia en la figura 19 y en la extracción de sus granos. El manejo postcosecha incluye la fermentación, secado, clasificación, empaque y almacenamiento de los granos de cacao en centros de acopio o beneficio (Moreno & Sánchez, 1989). La fermentación y secado de los granos constituye el paso previo a su comercialización e industrialización. El cacao fermentado y seco es de fácil transporte, almacenamiento y producto de mejor calidad (Jiménez, 2003).

Figura 19*Corte de las vainas del cacao*

Fuente. (Hernandez & Abel, 2021)

Sólo se deben cortar las vainas maduras para la cosecha. La madurez se puede indicar por el color, que es amarillo o amarillo anaranjado según el genotipo. La recolección de las vainas inmaduras afecta la postcosecha porque los granos no desarrollados; no contienen suficiente pulpa y azúcares para la fermentación (Enríquez, 2004). La fermentación y el secado de los granos de cacao durante el manejo postcosecha determinan sus características de sabor y aroma, que son la base de la calidad establecida por el mercado internacional (González et al., 2012). Las variaciones en la fermentación y el secado dan lugar a diferencias en la calidad final del producto (Ortiz de Bertorelli et al., 2009). El sabor a chocolate se desarrolla a partir de: La fermentación, secado, que lo realiza el productor, y la torrefacción efectuada por la industria (Pérez, 2007).

Figura 20

Cáscara y funículo de la extracción del cacao



Fuente. (Hernandez & Abel, 2021).

Tal y como se muestra en la figura 20 tras la extracción de los granos de cacao, quedan la cáscara y el funículo, que suponen hasta el 80% del fruto del cacao. La cáscara y el funículo ya descompuestos (casarilla) se incorporan como abono en las plantaciones (Hernandez & Abel, 2021).

Una vez recibidas las habas frescas, se trasladan a cajas de madera para su fermentación durante 8 días, este es un método de baja uniformidad, ya que da lugar a un aprovechamiento incompleto de los azúcares y a una elevada presencia de granos defectuosos (Guehi et al., 2010).

Recolección

Coseche únicamente frutos maduros, las mazorcas verdes no se deben recolectar porque un grano inmaduro da origen a un producto de sabor muy amargo, ya que las sustancias azucaradas que lo recubren, aún no se encuentran en óptimas condiciones para el desarrollo de los procesos bioquímicos que se producen durante la fermentación. La periodicidad de las recolecciones está determinada por el volumen de la cosecha, la madurez de las mazorcas y la presencia de plagas, enfermedades o animales dañinos. Cuando más cortos sean los períodos entre una y otra cosecha, menor riesgo se corre de pérdida de frutos. Generalmente, en plantaciones pequeñas o medianas, la recolección se debe hacer cada dos o tres semanas, con lo cual se evita la sobre maduración de los frutos o pérdidas por insectos o enfermedades del fruto (Gutiérrez, 2005).

La recolección debe hacerse con las herramientas adecuadas, siendo la tijera podadora la principal o con el machete como servicio secundario, pero puede llegar a herir al árbol o dañar los granos de la mazorca. Por ningún motivo debe arrancar las mazorcas con la mano (halándolos), porque destruye completamente el cojín floral y causa heridas peligrosas para el tronco (Gutierrez,2005).

Partida de mazorcas

Una vez recolectadas las mazorcas, se amontonan separando las que puedan estar enfermas y las que no hayan alcanzado el grado de madurez requerido, para garantizar que sólo se beneficien los frutos maduros y sanos, de lo contrario se afectará la calidad final del producto.

Generalmente, los montones o pilas de cacao deben hacerse en un lote sin árboles de cacao, en donde pueda fácilmente hacer la labor de la partida y donde se pueden amontonar las cáscaras para su descomposición y posterior utilización en el mismo cultivo, como abono orgánico de muy buena calidad. La partida de las mazorcas suele hacerse con un machete corto, con un mazo de madera, con partidador de lámina sin filo y en algunos casos con máquinas (Gutierrez,2005).

Desgranada

La extracción de las semillas de la cáscara se denomina desgranada y se hace deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta o vena central de la mazorca, evitando extraerla para no mezclarla con los granos de cacao. Si esto sucede debe sacarla posteriormente pues constituye una impureza que perjudica la calidad del producto final (Gutierrez,2005).

Fermentación

Una adecuada fermentación origina un cacao que al ser convertido en chocolate, es agradable al paladar y al olfato, por el contrario una inadecuada fermentación o la ausencia de ésta puede demeritar el producto de manera notable. La fermentación, también llamada cura del cacao o avinagrada, es un proceso complejo que consiste en una serie de cambios de carácter bioquímico y físico en todas las estructuras del grano, tanto en la testa o cascarilla, en el mucílago que la cubre, como en el interior del cotiledón y en el embrión que debe morir y reabsorberse. El proceso implica el suceso de reacciones químicas mediante las cuales, los azúcares contenidos en la pulpa se transforman en productos como agua, alcohol etílico y ácido acético entre otras sustancias, por la acción de levaduras que son microorganismos de carácter anaeróbico, en cuyo proceso generan el desprendimiento de calor. En una segunda fase y también ayudado por otros organismos como bacterias aeróbicas necesitan aire para vivir y actuar, estos desarrollan otros procesos entre los que se conoce como la oxidación de los

polifenoles y cambios notables en el pH. Las transformaciones de las sustancias que producen el sabor astringente al cacao, es indispensable, pues por ello el grano es castigado en su precio (Gutierrez,2005).

Secado

El secado del cacao consiste en la pérdida de humedad de los granos que va del 60% al 8% para su almacenamiento seguro (Afoakwa et al., 2014). Como se ilustra en la figura 21.

Figura 21

Secado del cacao



Fuente. (Hernandez & Abel, 2021).

Para que el producto pueda ser almacenado con la seguridad de que no se afectará por causa del ataque de hongos, es necesario acondicionar su humedad a un contenido de agua cercano al 7%. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que durante el proceso de secado del grano, continúa el desarrollo de algunos de los procesos de transformación física y química, que no alcanzan a completarse mientras el grano está en la pila de fermentación, es así que durante esta etapa se termina la oxidación y transformación de los polifenoles desapareciendo por completo el color violeta de las almendras, con lo cual el grano se torna totalmente marrón, generando las características organolépticas deseables. Las condiciones más favorables de secado se obtienen

cuando éste se realiza con el calor del sol, que es la fuente más barata y adecuada (Gutierrez,2005).

Limpieza y clasificación

Selección

Para llevar al mercado deben eliminarse todas las impurezas, granos mohosos, partidos y vanos sin almendra, lo cual puede hacerse mediante proceso manual o con la ayuda de zarandas, de tal manera que sólo deben dejarse los granos sanos y secos.

Prueba de corte

Para efectos de la clasificación del cacao, se realiza la prueba de corte que consiste en tomar una muestra de granos representativa, los cuales se parten en forma longitudinal con una navaja, bisturí o una cuchilla afilada, de manera que los cotiledones quedan divididos en dos mitades, haciendo posible la observación de las características que se juzgan a fin de clasificar los granos de acuerdo con la norma de calidad existente

El proceso de beneficio del cacao que se mencionó anteriormente se puede observar en el apéndice A.

El cacao y los productos a base de cacao, como el chocolate son una de las principales fuentes naturales de flavonoides en la dieta por su alto contenido en polifenoles, la epicatequina, la catequina principalmente y sus oligómeros y las procianidinas. En la última década, la investigación sobre el cacao se ha convertido en el centro de una atención creciente (Latif, 2013).

Beneficios del Cacao

Los efectos cardiovasculares del cacao han sido investigados y revisados a profundidad y se comprobado que son eficientes; sin embargo, hoy escasean los estudios sobre otros efectos

beneficiosos como la modulación inmunitaria, la antioxidación, la antiinflamación, la neuro protección, la resistencia a la insulina obesidad (Latif, 2013).

El cacao reduce el peso al aumentar la biosíntesis mitocondrial, los capilares y la función muscular.

El cacao protege contra la resistencia a la insulina y la hiperglucemia mediante la inserción del transportador de glucosa 4 (GLUT4) en las membranas del músculo esquelético.

El cacao redujo significativamente el factor de necrosis tumoral, lo que sugiere un papel potencial de los flavonoides del cacao en el tratamiento de enfermedades alérgicas

El cacao tiene un efecto positivo sobre el estado de ánimo, la eficiencia nerviosa y puede mejorar la función cognitiva.

El cacao reduce el potencial inflamatorio al inhibir el factor nuclear kB (NF-kB).

La modulación inmunitaria inducida por el cacao puede ser importante en cánceres, inflamaciones, enfermedades como la celiaquía o las alergias alimentarias, y la patogénesis autoinmune (Latif, 2013).

El cacao te ayuda a perder peso, a mejorar la biosíntesis mitocondrial. Aumenta la captación de glucosa muscular mediante la inserción de transportadores de glucosa en las membranas del músculo esquelético. Gracias a sus propiedades antioxidantes, el cacao proporciona neuro protección y mejora la cognición y el estado de ánimo positivo. Reduce la liberación de inmunoglobulina E en caso de reacciones alérgicas. Esto puede afectar las respuestas inmunitarias y el crecimiento bacteriano a nivel intestinal. Reduce la inflamación al inhibir el factor nuclear (Latif, 2013).

Existe una fuerte evidencia de los efectos antioxidantes del cacao en varios estudios uno reciente mostró que los flavonoides de proantocianidina del cacao son capaces de

proteger las células del colon del estrés oxidativo y el daño inducido químicamente mediante la modulación de enzimas antioxidantes/desintoxicantes claves involucradas en la defensa intestinal (Latif, 2013).

La ingesta de cacao a largo plazo puede incluso modificar la composición del microbiota y la respuesta inmune a nivel intestinal excelentemente. Da como resultado un patrón diferencial de receptores tipo Toll y una disminución en la secreción intestinal de IgA y bacterias que recubren IgA asociadas con una disminución significativa en la proporción de los géneros *Bacteroides*, *Clostridium* y *Staphylococcus* en las heces (Latif, 2013).

La ingesta de cacao también reduce las células auxiliares y reguladoras y aumenta las células asesinas naturales (linfocitos que promueven la inmunidad celular en tumores e infecciones, y suprime la resistencia celular).

El vínculo entre el consumo de cacao y la salud cardiovascular está bien documentado. Una buena salud cardiovascular está relacionada con un mejor rendimiento cognitivo. Se ha demostrado que los flavonoles del cacao reducen significativamente la fatiga mental y mejoran el pensamiento cognitivo durante el esfuerzo mental sostenido. El chocolate también reduce los síntomas de ansiedad y depresión en pacientes con fatiga crónica (Latif, 2013).

El cacao inhibe la absorción de grasas en la dieta al prohibir la actividad de la lipasa pancreática y la fosfolipasa secretada, lo que conduce a una reducción en la tasa de peso corporal junto con la producción de lípidos fecales (Latif, 2013).

Desechos Agroindustriales Generados en el Procesamiento de Cacao

A nivel mundial, los desechos derivados de la producción de alimentos se generan anualmente en volúmenes elevados. En particular, los residuos industriales del cacao representan una fuente de biomasa aprovechable para la elaboración de nuevos productos como alimentos, piensos, cosméticos y productos químicos, e incluso pueden ser utilizados para la generación de biocombustibles. Los desechos industriales del cacao incluyen cascarilla de mazorca, mucílago, cáscara de frijol y placenta que contienen compuestos de interés para diferentes industrias (Mendoza-Meneses et al., 2021).

Los residuos sólidos y líquidos generados en la cadena productiva del cacao representan un 70%, entre los cuales se encuentra lixiviados de la fermentación e impurezas (Botero et al., 2016). El mucílago de cacao se genera en una proporción de 1/20 (V/m), respecto a la producción de granos de cacao (Arteaga, 2013). Por otro lado, la mazorca de cacao se desecha 10 veces más respecto al peso en producción de semillas secas de cacao (Plasencia-Verde et al., 2021).

Cáscara de Cacao

Las industrias del cacao y el chocolate tienen grandes problemas con la utilización de los residuos generados durante el proceso de producción. La cáscara de cacao es un subproducto que tiene un gran potencial por su composición como se observa en la figura 22. Se compone de fibras dietéticas, proteínas, polifenoles, metilxantinas (grupo de alcaloides del sistema nervioso, son cuales son teofilina (te), la teobromina (cacao, chocolate) y la cafeína (café)), etc. Sin embargo, a pesar de su favorable composición, muchas veces la cáscara de cacao no se puede utilizar directamente en la producción de alimentos porque puede contener componentes nocivos para la salud humana (Barisić et al., 2020).

Figura 22

Cascara del cacao



Fuente. (Barisić et al., 2020).

La cáscara de cacao puede transportar micotoxinas, diferentes microorganismos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados. Este residuo es un subproducto de la industria cacaotero que tiene un alto valor nutricional. Se puede utilizar en la industria alimentaria, así como en las industrias farmacéutica, cosmética y agrícola (Barisić et al., 2020).

Después de la separación de la cáscara de la semilla, generalmente se desecha o se vende como mantillo agrícola. Dado que la cáscara presenta el 12%-20% del grano, es obvio que este es el mayor desperdicio generado después del procesamiento de los granos (Barisić et al., 2020). Según la Organización Internacional del Cacao, la generación mundial de residuos de cacao se puede estimar en 700 mil toneladas por año.

Las fibras dietéticas de la cáscara de cacao se componen principalmente de pectina y celulosa. Además, este residuo es rico en flavonoles (catequina y epicatequina), que tienen actividad antioxidante, y metilxantinas (teobromina y cafeína), que tienen un efecto sobre el sistema nervioso humano (Okiyama et al;2017). Investigaron el perfil lipídico de la cáscara de cacao y concluyeron que es similar al de la manteca de cacao, lo que podría conducir a su

aplicación como sustituto parcial de la manteca de cacao. En la figura 23 se ilustra un pequeño proceso desde la vaina de cacao hasta transformar su cascara.

Figura 23

Cáscara de la mazorca del cacao



a) Vaina de cacao



b) Cascara de mazorca de cacao



c) Cascara de mazorca de cacao triturado

Fuente. (Achparaki et al., 2012).

La cáscara de la mazorca de cacao es la parte externa de la fruta; por lo tanto, es el principal subproducto generado del procesamiento del cacao y representa el 75% del peso total. Por cada tonelada de cacao en grano, se generan aproximadamente 10 toneladas de desechos, que generalmente se consideran sin valor económico; este desecho se genera después de la cosecha, al despulpar el fruto y recuperar los granos cubiertos por la capa. El residuo está formado por tres capas, que son el endocarpio, el mesocarpio y el epicarpio; sin embargo, existen pocos estudios especializados sobre el uso de una parte de la mazorca de cacao. Normalmente, el uso más común del subproducto completo es como fertilizante para el suelo del agroecosistema; sin embargo, existen problemas fitosanitarios como plagas y enfermedades fúngicas al utilizar esta cascara sin tratamiento (Mendoza-Meneses et al., 2021).

La composición química de la cascara de cacao permite utilizar este residuo para diferentes propósitos. La producción de biocombustibles utiliza este desecho, debido a su contenido de lignocelulosa que se refiere a la materia seca vegetal (biomasa). Otros compuestos

presentes son la fibra, fenoles y minerales como Ca, K, P, Mg, Na, Zn, Fe, Cu y Mn (Mendoza-Meneses et al., 2021).

Usos de la Cáscara de Cacao. Caracterización fisicoquímica de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados: La presente investigación se enmarca en el estudio de las propiedades fisicoquímicas de la cáscara de mazorca de cacao, variedad CCN 51 como se ilustra en la figura 24. En este sentido, se llevaron a cabo pruebas a los residuos para determinar los componentes lignocelulósicos, junto con ensayos termogravimétricos y de microscopía electrónica de barrido. Los resultados de la composición química arrojaron valores en mayor proporción de lignina, seguido de celulosa y hemicelulosa. En el análisis térmico, se presentó un pico inicial asociado a la humedad evaporada, además de cuatro etapas de fragmentación, que corresponden a los componentes primarios del residuo. En la microestructura se observó una superficie porosa, con presencia de microporos y paredes celulares. En general, se puede concluir que los residuos de cáscara de mazorca de cacao analizados son una alternativa viable de materia prima a partir de fuentes renovables del sector agrícola, para la fabricación de tableros aglomerados con aplicaciones industriales (Díaz-Oviedo et al., 2022).

Figura 24

Variedad de cacao clon CCN 51



Fuente. (Díaz-Oviedo et al., 2022).

Optimización de la aceptabilidad de una mermelada de mango enriquecida con pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): Con el fin de optimizar y cuantificar la aceptabilidad de una mermelada de mango enriquecida con pectina extraída de la cáscara de cacao cultivado en el departamento de Sucre, el experimento fue conducido bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores: concentración de pectina (0.2%, 0.4%, 0.6%) y concentración de ácido cítrico (0.1%, 0.3%, 0.5%) con tres repeticiones por tratamiento, para un total de 27 unidades experimentales. Se mantuvieron fijas las variables fruta fresca 65,5% y azúcar 34,0%. El análisis de los datos se hizo mediante un Análisis de Varianza y una prueba de tukey para la comparación de medias. A las 24h de su elaboración se evaluó la aceptabilidad de la mermelada, empleando un panel de 60 personas y una escala hedónica de 7 puntos, donde se obtuvo un valor de 6.75, me gusta moderadamente; concentración de pectina y ácido cítrico: 0.2% y 0.3% respectivamente (Torregroza-Espinosa et al., 2019).

Granos de Cacao

Los granos de cacao se fermentan, se secan y se almacenan más comúnmente en condiciones antihigiénicas como se muestra en la figura 25. Esto es evidente por el hecho de que a menudo están contaminados con *Aspergillus*, *Eurotium* y *Absidia* (hongos fungi). Copetti et al. (2012), informaron que la Ocratoxina A, es una micotoxina producida por hongos *de Aspergillus* y *Penicillium* que se concentran en la cáscara de cacao y también está presente en una amplia variedad de alimentos como granos de café, frutos secos y cereales. Solo una pequeña parte de esta está presente en las semillas de cacao. Se han encontrado aflatoxinas B1, B2, G1 y G2 en la cáscara de cacao. Se concluyó que aparecían con mayor frecuencia en la cáscara del cacao que, en otras partes del grano, y encontraron el 11% en las muestras estudiadas (Barisić et al., 2020).

Estos componentes son muy estables y no pueden destruirse por completo durante los procesos que se llevan a cabo durante la producción de chocolate (Barisić et al., 2020).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se conocen como carcinógenos genotóxicos y se pueden producir en los granos de cacao durante el secado y el tostado. Se forman en alimentos ricos en carbohidratos a través de dos procesos: pirólisis (degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno) y pirosíntesis (Barisić et al., 2020). A mayor contenido de HAP en los granos de cacao suele ser el resultado de un secado inadecuado. El mayor riesgo de contaminación se presenta en el secado artificial cuando los productores utilizan leña o combustible fósil. Además, Ciecierska (2020) concluyó que incluso las bajas temperaturas durante el tostado de los granos favorecen el desarrollo de HAP.

Figura 25

Granos del cacao



Fuente. (Mendoza-Meneses et al., 2021).

Dado que, en la mayoría de los casos, los granos de cacao se tuestan con la cáscara y existe una gran posibilidad de que esta también esté contaminada con HAP. Agus et al. (2019), llegaron a la conclusión que la cascara de cacao tostada tenía más baja cantidad de HAP que la seca. Esto se debe a la migración de estos compuestos en las semillas de cacao durante el tostado por ende en la figura 26 se observa cómo se pasa de la vaina de cacao a su respectivo grano seco

Figura 26

Cáscara y pulpa de grano del cacao



Fuente. (Rojo-poveda et al., 2020).

Durante el secado en las fincas cacaoteras, las aves e insectos frecuentemente entran en contacto con las semillas y estas son transmisoras de *Escherichia coli* y *Salmonella*. Aunque los granos de cacao se someten a tostado, según la investigación de Izurieta & Komitopoulou, (2012) mostraron que las cepas de salmonelas presentes en la cáscara de cacao eran resistentes al calor. Para minimizar el riesgo de contaminación de los granos de cacao, se deben implementar buenas prácticas de higiene y fabricación en dichas fincas.

Mucílago del Cacao

El mucílago de cacao (CM) es la sustancia blanquecina que recubre el grano; otro nombre que recibe es pulpa, este residuo se ilustra en la figura 27. El jugo de pulpa de cacao es una

fracción de CM, de aspecto turbio blanquecino que se obtiene después de procesar el cacao mediante manipulación y presión ejercida; esta parte es muy utilizada en la obtención de productos como alcohol, vinagre, refrescos, ácido cítrico y gelatina de cacao (Mendoza-Meneses et al., 2021).

Figura 27

Mucilago del cacao



Fuente. (Maridueña-Macancela et al., 2018).

La generación de MC es el resultado del despulpado de la fruta; después de partir la mazorca de cacao por la mitad y de extraerle los granos con la capa mucilaginosa. Después de estos procesos se someten inmediatamente a una fermentación controlada donde se generan reacciones bioquímicas que permiten la separación del grano y el mucílago. La cantidad de mucílago depende del tipo de cacao, maduración e integridad física de los frutos, la cual se reporta entre 3 a 5% del peso total del cacao. Este desecho agroindustrial está compuesto por células esponjosas que contienen savia celular (fluido que permite nutrición) rica en diferentes compuestos químicos, que contiene entre un 10 y un 14 % de azúcares fermentables (como sacarosa, glucosa y fructosa), minerales como (potasio, sodio, calcio y magnesio) (Mendoza-Meneses et al., 2021). En la figura 28 se puede observar cómo queda la pulpa después de realiza la separación del grano y el mucilago.

Figura 28*Pulpa del cacao*

Fuente. (Maridueña-Macancela et al., 2018).

Usos del Mucilago del Cacao. Respuesta agronómica de mucilago de cacao (*Theobroma cacao L.*) en cultivo de maíz (*Zea mays L.*): Se comparó la producción de mucilago drenado de granos de *Theobroma cacao*, *T. grandiflorum* y *T. bicolor* en la caja de madera y luego se evaluó su posible uso como biofertilizante. *T. cacao* presentó la mayor producción de mucilago drenado (4.5 ml mucilago kg/ grano h) con contenidos de 11.18 mg P (fosforo), 0.2 % K (potasio) y 0.08 % N (nitrógeno). Posteriormente se determinó el crecimiento de dos variedades de *Zea mays* (ICA V-305 y Calilla) usando mucilago drenado de *T. cacao*. El experimento en campo tuvo cinco tratamientos (fertisun, control (sin abonado), 5 % mucilago, 10 % mucilago y 15 % mucilago) bajo un diseño completamente al azar en arreglo de parcelas divididas. Las variables de respuesta agronómica evaluadas fueron: TAC (Tasa absoluta de crecimiento) y TRC (tasa relativa de crecimiento). En la evaluación de TAC en las dos variedades de *Zea mays* estudiadas se observó que la variedad calilla presentó mayor crecimiento en menor tiempo cuando se aplicó mucilago drenado al 5 % respecto de la variedad ICA V-305, por lo cual se consideró el mejor tratamiento para usar como abono líquido. Considerando la existencia de malezas en el sitio de estudio, las cuales fueron retiradas solo en los dos primeros muestreos (13 y 21 días después de

seembra (dds) no se observó una tendencia clara en los valores TRC para las dos variedades de Z. mays evaluadas (Sánchez et al., 2019).

Mucílago de (*Theobroma Cacao L.*) como base para un bioantimicrobiano mezclado con dos ácidos débiles: alternativas ecológicas: El impacto ambiental y económico que genera el uso indiscriminado de productos químicos, para controlar plagas y enfermedades de los cultivos, ha generado preocupación a los agricultores en general, debido al alto costo y a los daños causados. Con base en esta situación y con el fin de controlar algunas plagas y enfermedades de los cultivos de alto interés en nuestro país, se realizó una investigación para desarrollar un bioproducto de utilidad que mejore las condiciones de cultivos afectados por esta problemática. El componente principal del producto es el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) que a pesar de ser un desecho puede ser aprovechado para elaborar mezclas fermentadas con ácidos débiles (ácido cítrico y ácido acético), que resultan eficientes para combatir algunos fitopatógenos. Se pudo comprobar que algunos cultivos de cacao de dos cantones pertenecientes a la provincia del Guayas se beneficiaron con la aplicación del producto (al 80% v/v), pues este resultó útil para alejar insectos y mejorar su aspecto de forma general, probablemente porque tenga acción antimicótica frente al hongo *Moniliophthora roreri*, el cual es común en este tipo de plantaciones; teniendo en cuenta que esta enfermedad ataca a los cultivos de cacao de todo el país y genera innumerables pérdidas para los agricultores; esta propuesta representa una alternativa ecológica para reducir los gastos e impactos ambientales, utilizando un bioantimicrobiano de bajo costo de producción y eficaz para controlar las plagas y enfermedades, sin daños visibles en las plantaciones tratadas (Moreno et al., 2021).

Cáscara de Grano de Cacao

La cáscara del grano de cacao (CBS) es un material lignocelulósico obtenido del proceso de tostado del grano y constituye del 10 al 17 % del peso total de los granos de cacao. La importancia de este residuo radica en la migración de compuestos valiosos del grano a la cáscara durante la fermentación. La calidad nutricional de CBS permite la generación de nuevos productos en la industria; en particular, las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y agrícola han desarrollado productos funcionales a partir de estos residuos. Además, CBS contiene polisacáridos, compuestos fenólicos, metilxantinas, catequinas, epicatequinas, procianidinas, cafeína, teofilina, teobromina y fibra; en la figura 30 se ilustran algunos de estos componentes mencionados anteriormente. En cuanto a la energía, se ha reportado un contenido potencial como una fuente ecológica de energía debido a su poder calorífico, ligeramente superior a la madera (Mendoza-Meneses et al., 2021). En la figura 29 se ilustra la cáscara del grano del cacao después de realizarle el tostado.

Figura 29

Cáscara del grano del cacao

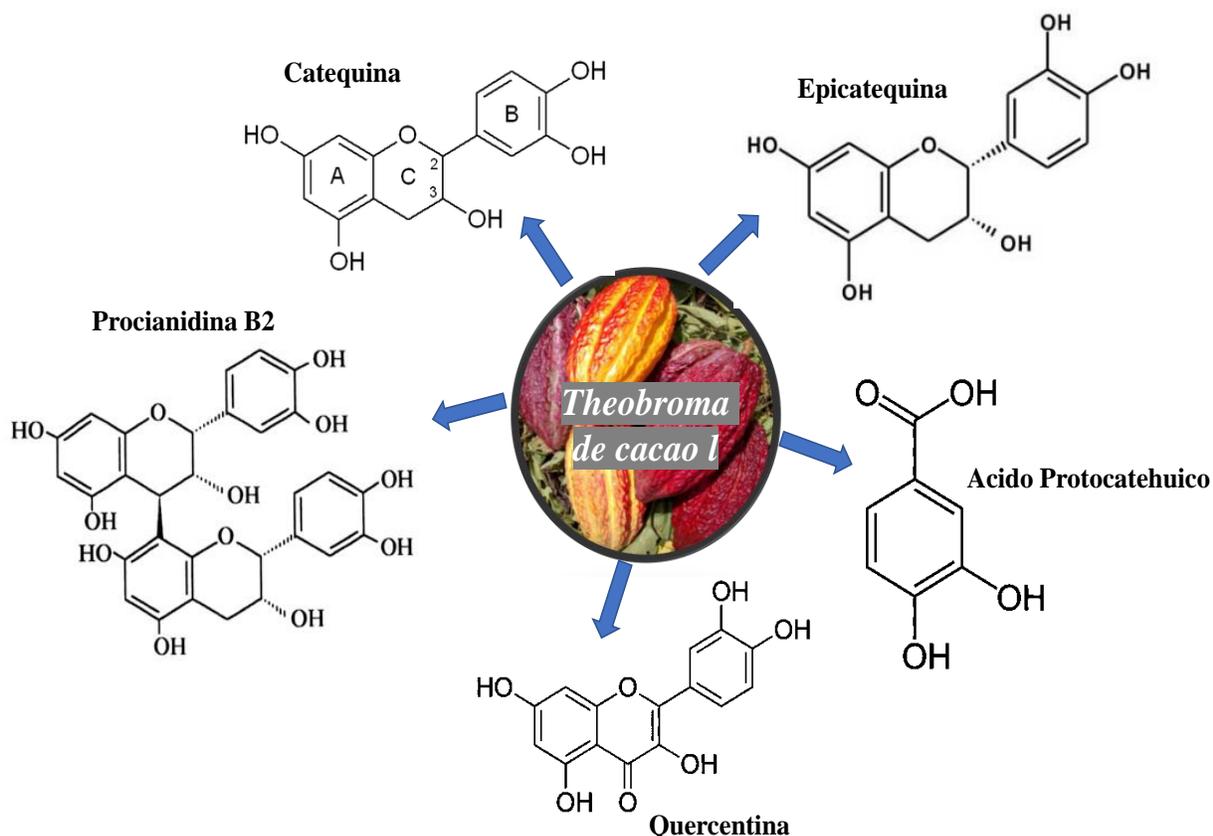


Fuente. (Barisić et al., 2020).

La cáscara del grano de cacao, un subproducto del proceso de elaboración del cacao ha ido cobrando un notable interés debido a su alto contenido en fitoquímicos (Cinar et al., 2021).

Figura 30

Compuestos químicos que contiene la cáscara del grano de cacao



Fuente. (Cinar et al., 2021) con adaptaciones.

Los granos de cacao son el ingrediente principal en la producción de chocolate, se extraen de la mazorca de cacao, después de ser fermentado y secado. Las fibras dietéticas se dividen generalmente en fibras solubles e insolubles. La relación soluble/insoluble es muy importante en la nutrición humana, y la cáscara del grano de cacao tiene una relación cercana a la deseable, lo que le da potencial para su implementación directa en los alimentos.

Semilla del Cacao

Las semillas del cacao son la mayor parte cosecha económica del mundo tropical, pero, solamente el 10 % por peso fresco de la fruta es comercializado, aunque varios productos comerciales promisorio pueden ser obtenidos de este fruto (Kalvathev et al, 1998). En la figura 31 se ilustra mediante una imagen como es la semilla en general del cacao.

Figura 31

Semilla del cacao



Fuente. (Kim et al., 2011).

Las semillas del cacao están rodeadas por una pulpa aromática la cual procede de sus tegumentos, es decir, del epispermo. La pulpa mucilaginosa está compuesta por células esponjosas parenquimatosas (tejido que constituye la semilla), que contiene célula de savia ricas en azúcares (10 – 13%), pentosas (2-3%), ácido cítrico (1-2%) y sales (8-10%). Durante el proceso de cosecha de las semillas de cacao, la pulpa es removida por fermentación e hidrolizada por microorganismo. Aproximadamente 40 litros de pulpa se pueden obtener de 800 kilos de semillas frescas. Cada tonelada de semilla seca representa cerca de 10 toneladas de cascara de cacao (Wood y Las,1985).

Los granos de cacao son las semillas crudas sin la carne del árbol del cacao (*Theobroma Cacao L*), cada fruto proporciona hasta 50 semillas de cacao que constituye a una cuarta parte de la masa del fruto (Zingiber,2009).

Los extractos de semilla de cacao enriquecidos con procianidina provocaron la detención del ciclo celular G2 (fase de crecimiento) /M(mitosis) y una inhibición del crecimiento del 70 % en células de cáncer de colon Caco-2 (Carnesecchi et al.,2002).

Theobroma cacao L. es una especie originaria de América y ha estado ligada al desarrollo de diversas culturas indígenas en las regiones tropicales húmedas. Su semilla se utiliza para la elaboración de alimentos, bebidas y golosinas y su demanda se ha incrementado cuando se cultiva sin agroquímicos (Aguirre et al.,2007).

Placenta del Cacao

La placenta de cacao, un subproducto de la extracción del grano de cacao que tiene el potencial de aumentar su valor como aditivo o ingrediente alimentario debido a su alto contenido de fibra, entre otros beneficios nutricionales (Scheuer et al., 2020). En la figura 32 se muestra lo que se conoce como placenta del cacao.

Valorizar un subproducto de la producción de cacao, un residuo rico en fibras y comúnmente desechado como lo es la placenta, puede ser utilizado como ingrediente en pan de masa madre. Dado que la fermentación natural agrega valor sensorial al pan, se estudió el efecto organoléptico utilizando dos variaciones de levadura, líquida y rígida. La investigación es importante porque ayuda a reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha (Scheuer et al., 2020).

Figura 32*Placenta del cacao*

Fuente. (Vervuurt, 2019).

La cadena de producción del cacao se encuentra predominantemente en África y las Américas y la posibilidad de poder aprovechar parte de la producción postcosecha que habitualmente se desecha es muy oportuna, contribuyendo al aumento de la sustentabilidad en esta cadena productiva. Por lo tanto, el uso de la placenta de la mazorca de cacao en panes de masa madre puede ser una oportunidad para contribuir a la salud y la sostenibilidad (Scheuer et al., 2020).

Es factible y saludable hacer pan con levadura natural utilizando la placenta como fuente de fibra, incluidos los productos sin gluten, como una forma de aprovechar una fuente de nutrientes de cacao desperdiciada, para valorizar la agricultura familiar, generar ingresos, y difundir el conocimiento asociado a la fermentación natural (Scheuer et al., 2020)

Usos de la Placenta de Cacao

Según los autores Morejón et al, (2018) realizaron una investigación sobre el valor nutricional de la placenta deshidratada de cacao (*Theobroma cacao L.*) nacional, para la elaboración de barras nutricionales el cual aplicaron un diseño completamente al azar dentro de un arreglo bifactorial utilizando tres métodos de deshidratación, tres aglutinantes y tres repeticiones.

Para determinar diferencias de los análisis fisicoquímicos utilizaron test de Tukey ($p \leq 0,05$), las variables fisicoquímicas, T1, T4, T6 y T5 (estufa al aire forzado, horneado y deshidratación osmótica con miel de abeja y horneado con jarabe de glucosa) fueron los mejores tratamientos. El mayor contenido en proteína (8,25%) y fibra (8,63%) fue el T8 y T2 (estufa al aire forzado y deshidratación osmótica con jarabe de glucosa). Aplicaron la prueba de Kruskal Wallis en análisis sensoriales, y el mejor fue el T5. En los análisis microbiológicos los autores llegaron a la conclusión que todos los tratamientos cumplían con la Norma NTE INEN 2085:2005 para productos horneados (Morejón et al., 2018).

Según los autores Quimbita et. al, (2013) realizaron un estudio sobre el uso del exudado y placenta del cacao para la obtención de subproductos: El cultivo de cacao en la economía ecuatoriana representa un rubro importante, ya que es reconocido a nivel mundial por ser un producto de la más alta calidad y por poseer un exquisito aroma. En las cosechas de cacao, el exudado y la placenta son desechadas durante el proceso de cura, por lo que los autores pretenden valorizar estos elementos. Una de las posibilidades es la producción de bebida de baja concentración alcohólica y néctar, lo que permitirá aprovechar estos subproductos que no son utilizadas por la industria, e incrementar de esta forma el valor agregado en el mercado. Los autores determinaron los procesos necesarios para la obtención de los productos indicados,

para lo cual trabajaron con mazorcas de CCN51, las mismas que fueron procesadas para la obtención y estabilización del exudado y la placenta, subproductos a partir de los cuales realizaron pruebas para obtener el néctar y la bebida alcohólica. Se diseñaron varias pruebas experimentales para determinar las condiciones de operación para la estabilización y formulación de los productos. Además, de una caracterización fisicoquímica, microbiológica, sensorial y estabilidad de los productos obtenidos. Los resultados indicaron que, bajo determinadas condiciones de operación, los productos obtenidos son estables en el almacenamiento y tienen una buena aceptabilidad entre los consumidores (Quimbita et al. 2013).

Valor Agregado de los Desechos Agroindustriales del Cacao

Pan a partir de la Placenta del Cacao

Scheuer et al. (2020) plantearon la elaboración de un pan preparado con levadura y residuos del cacao. Para la fabricación de este producto los autores tomaron como ingrediente residual la placenta del cacao, un subproducto de la extracción del grano de cacao, que tiene el potencial de aumentar su valor como aditivo o ingrediente alimentario debido a su alto contenido de fibra, entre otros beneficios se encuentra que sirve de fuente de antioxidante para las arterias, por lo que previene los males al corazón, la diabetes, la hipertensión y el envejecimiento. Ellos decidieron que como el pan es un alimento básico, se puede utilizar como vehículo para incorporar la placenta de cacao. Entonces, el objetivo principal de los autores fue agregar como ingrediente la placenta del cacao en la elaboración de un pan de masa madre fabricado con variaciones de levain, líquido y rígido. Los panes de masa madre enriquecidos con placenta de cacao en su debida investigación presentaron una buena funcionalidad tecnológica y mayor contenido de fibra. El análisis de los panes finales mostró que la levaina líquida produjo un área

celular media más alta en la miga de pan que la contraparte de la levaina dura. (Scheuer et al., 2020).

Scheuer et al. (2020) Eligieron el pan porque no existen investigaciones sobre el pan enriquecido con placenta y porque este, se considera un alimento básico que se consume en grandes cantidades en todo el mundo, en diferentes tipos y formas, según los hábitos culturales. Se estima que 1.800 millones de personas consumen diferentes tipos de pan en todo el mundo (Chavan & Chavan,2011). Por otro lado, la tecnología de panificación crece día a día con énfasis en el enriquecimiento nutricional y los parámetros de calidad sensorial. Los estudios indican numerosos beneficios para la salud asociados con una mayor ingesta de fibra dietética, incluido un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad y cáncer (Fardet,2010). Estas enfermedades crónicas se pueden prevenir aumentando la ingesta de fibra, regulando la tasa de glucosa (Nugent,2005) y colesterol en el torrente sanguíneo (Ktenioudaki & Gallagher,2012). Por otro lado, la adición de fibra al pan altera la reología y modifica las propiedades de textura de la masa (Elleuch et al., 2011).

La fermentación natural o masa madre es un proceso en la elaboración del pan que se utiliza para aumentar los parámetros sensoriales del pan (Plessas et al.,2008), mejorando el sabor, la textura, retardando el envejecimiento del pan y la contaminación por mohos y bacterias (Valdez et, al 2010). Las bacterias y levaduras en el proceso de fermentación natural también mejoran la maquinabilidad de la masa (Robert et al., 2006); reducción de conservantes en productos de panadería (Chavan & Chavan,2011) y mejora de los atributos nutricionales (Rizzello et atl.,2012). La población heterogénea de bacterias del ácido láctico y levaduras, desarrolladas por fermentación y alimentación espontáneas, se convierten en un cultivo iniciador (Corsetti & Settanni,2007). Las levaduras se pueden utilizar en forma líquida o como

levadura sólida, que impartirá diferentes propiedades a la masa (Suas,2009). Debido a que la levadura líquida está más hidratada y se elabora a una temperatura más alta que la levadura rígida, se produce la producción de ácido láctico, lo que implica un efecto positivo en el volumen del pan y una menor acidez. Sin embargo, la levadura rígida está menos hidratada y se elabora a una temperatura más baja que la levadura líquida, lo que aumenta la producción de ácido acético en la masa (Scheuer et al., 2020). El objetivo de esta investigación fue valorar un subproducto de la producción de cacao, un residuo rico en fibras (placenta) y comúnmente desechado, para ser utilizado como ingrediente en pan de masa madre. Dado que la fermentación natural agrega valor sensorial al pan, se estudió el efecto organoléptico utilizando dos variaciones de levadura, líquida y rígida. La investigación es relevante porque contribuye a ayudar a reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha (Scheuer et al., 2020).

Para el desarrollo de su investigación utilizaron los siguientes materiales y métodos: Todos los ingredientes que se muestran en la tabla 8 los compraron en un mercado local, excepto la placenta de cacao, que lo deshidrataron en una finca de cacao en Ilhéus, una ciudad ubicada en Bahía (Brasil) y se transportó al centro de investigación. Todos los experimentos fueron realizados en los laboratorios del Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) (Scheuer et al., 2020).

Composición química de la placenta de cacao: El análisis de fibra dietética total (FT) de la placenta de cacao la midieron por triplicado mediante el Método Aprobado por la AACC, n° 32-05 (AACC,2000), utilizando kits enzimáticos (Megazyme International Ireland, Bray, Ireland). (Scheuer et al., 2020).

Para elaborar las hogazas de pan siguieron y adaptaron el método que produce y cultiva la fermentación natural (Suas,2009), levadura líquida y rígida. La masa madre la iniciaron utilizando harina de centeno orgánico y agua. Luego, completaron el proceso de alimentación durante 10 días utilizando harina de trigo blanco orgánico. Este proceso de elaboración terminaba cuando el cultivo estaba listo para multiplicar tres veces su volumen en 8 a 10 horas, luego este cultivo se convertía en iniciador. El proceso se realizó empleando harina de trigo y agua de la fórmula total, respetando no obstante las diferencias entre líquido y rígido (Scheuer et al., 2020).

La placenta la hidrataron con agua, durante 24 horas a temperatura ambiente, y la mezclaron en una licuadora Dinámico Premium L-35 (Mundial – Brasil) durante 5 minutos. Siguiendo la literatura, la placenta fresca de cacao tiene un 83,52% de agua y 20 g de fibra por cada 100 g de placenta (Lucio,2016). Así, la cantidad de placenta de cacao deshidratada utilizada para hacer el pan la calcularon de acuerdo con la norma europea (Scheuer et al., 2020).

Tabla 8

Consideraciones sobre la masa madre para la preparación de 16 horas de levadura

	%	
INGREDIENTES	LL	SL
Harina de trigo	100	100
agua	100	50
Inicio	20	20
Temperatura	24°C	10°C

Fuente. (Scheuer et al., 2020).

Preparación de panes: los autores mezclaron la levadura con la placenta hidratada durante 1 min utilizando una batidora industrial de 40 L a velocidad 1 con el accesorio en espiral., agregaron los ingredientes secos y se mezclaron durante 4 min a velocidad 1 y 5 min a velocidad 3. La masa la colocaron dentro de una caja de plástico (20x30 cm) engrasada con aceite vegetal y dejaron reposar durante 40 min a temperatura ambiente. Realizaron tres pliegues cada 40 min. A continuación, la masa la dividieron en 3 escamas de 775 g cada una y dejaron reposar sobre la mesa durante 40 min. Después de este período, la moldearon con una batidora y la enfriaron a 7 °C durante 40 min. Los panes fueron cortados y horneados en un horno de balasto (Lastro Millenium Perfecta, Curitiba, Brasil) a 240°C por 17 min con 2 segundos de vapor y a 200°C por 20 min abriendo el vapor. Luego, la enfriaron a temperatura ambiente y la almacenaron en bolsas de polietileno. Los autores realizaron la preparación de los panes por duplicado (Scheuer et al., 2020).

Para comparar los cambios en la miga y la porosidad de las muestras de pan, realizaron un análisis de imágenes digitales según Pourfarzad et, al. (2012), con adaptaciones de imágenes de muestras de tres rebanadas de pan grosor de 15 mm según Sciarini et, al. (2012) se adquirieron usando el escáner plano de una impresora todo en uno (DCP-7065DN Monochrome Laser Multi-Function Copier, Brother, Japón). El brillo y el contraste se establecieron en los valores de software predeterminados (cero) para todas las muestras. En la tabla 9 se encuentra la formulación completa de las hogazas de pan que utilizaron los autores para el desarrollo de este artículo.

Tabla 9

Formulación completa de hogazas de pan

INGREDIENTES	%
--------------	---

Harina de trigo blanca	100
Agua	80,40
Levadura	0,90
Sal	2,20
Levain	7,00
Placenta de cacao deshidratado	8,84
TOTAL	199,34

Fuente. (Scheuer et al., 2020).

Utilizaron el software gratuito GNU Imagen Manipulation Program (GIMP), versión 2.6, para obtener las dos medidas de interés (Scheuer et al., 2020). Después de recortar, las imágenes fueron preprocesadas y convertidas a una escala de grises de 8 bits como se muestra en la figura 33.

El preprocesamiento (ajuste de nivel), la segmentación (umbralización) y las mediciones de granos de miga (extracción de parámetros) se llevaron a cabo en el paquete de software Fiji 1.46 basado en Imagen. La segmentación se realizó manualmente, mediante la binarización de imágenes en escala de grises en imágenes en blanco y negro utilizando el algoritmo imagen predeterminado (Scheuer et al., 2020). Extrajeron y calcularon las siguientes propiedades del grano de la miga: número de celdas (objetos); área celular media (mm²) y densidad celular (células/mm²) (Crowley et, al.2000). La densidad celular la calcularon dividiendo el número de células por el área celular media. Las muestras las codificaron al azar y las sirvieron a temperatura ambiente presentadas a los estudiantes en formas monádicas junto con agua mineral para humedecer el paladar entre muestras en dos días consecutivos (Costa et al., 2005). Los datos

se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Para el análisis estadístico, se utilizó el programa Statistica 7.0 Copyright StatSoft, Inc., Tulsa, OK, EE. UU., 1984–2004(Scheuer et al., 2020).

Como resultado de la composición de fibra total de la placenta del cacao fue de 42,8 % lo cual es más del doble que Lucio (2016) había encontrado (21,57%). Esto valora aún más la placenta de cacao como una fuente potencial desperdiciada para ser utilizada en alimentos enriquecidos nutricionalmente, como productos celíacos.

Figura 33

Imágenes digitales del área de las migas de las barras de pan



Pan con levadura líquida



Pan con levadura dura

Fuente. (Scheuer et al., 2020).

El área en la formulación del pan líquido con levadura es mayor ($p \leq 0.05$) que el rígido, aún con la interferencia de la fibra de cacao de la placenta en la ventana de gluten. Ocurre porque la hidratación con levadura líquida aumenta la producción de ácido láctico y luego un efecto positivo sobre el volumen (Suas,2009).

El contenido total de fibra de la placenta es significativamente mayor en comparación con otras fuentes que enriquecen los productos de pan, lo que representa un uso potencial para enriquecer el pan con o sin gluten. Además de ser una materia prima caracterizada como residuo de la cadena del cacao que se desperdiciara. Del análisis de imágenes en la figura 30 se encontró que el área celular media del poro del pan elaborado con levadura líquida era mayor que en el pan elaborado con levadura dura, lo que significa que una masa más blanda puede facilitar la expansión de la red de gluten y la retención de gas de la fermentación (Scheuer et al., 2020).

La aceptabilidad de ambos panes, líquido y rígido fue la misma, pero el que se consideraron más ácido fue el elaborado con levadura rígida, lo cual está de acuerdo con la teoría adoptada. En resumen, es factible y saludable hacer pan con levadura natural utilizando la placenta como fuente de fibra, incluidos los productos sin gluten, como una forma de aprovechar una fuente de nutrientes de cacao desperdiciada, para valorizar la agricultura familiar, generar ingresos, y difundir el conocimiento asociado a la fermentación natural. La cadena de producción del cacao se encuentra predominantemente en África y las Américas (Scheuer et al., 2020).

La posibilidad de poder aprovechar parte de la producción postcosecha que habitualmente se desecha es muy oportuna, contribuyendo al aumento de la sustentabilidad en esta cadena productiva. Por lo tanto, el uso de la placenta de la mazorca de cacao en panes de masa madre puede ser una oportunidad para contribuir a la salud y la sostenibilidad (Scheuer et al., 2020).

Remoción de Metales Pesados Empleando la Cáscara de Cacao

Según los autores Barisic et, al. (2020) investigaron la composición de la cáscara de cacao la cual ha llevado a muchos científicos a implementar esta misma, directamente en productos alimenticios e investigar las propiedades y la aceptación sensorial de los productos

obtenidos. Además, existen investigaciones de la aplicación de diferentes componentes del residuo agroindustrial como ingrediente alimentario. La cáscara de cacao ha sido identificada como un solvente natural muy eficiente para la remoción de iones de plomo y de otros metales pesados, mostrando ser eficiente frente a otro tipo de materiales residuales. La cáscara de cacao la emplearon como bioadsorbente natural para remover cromo en soluciones acuosas con concentraciones equivalentes a las generadas en procesos de curtiembre.

Carlos et al. (2020), evaluaron el uso potencial de la cáscara de cacao para la adsorción de cromo en solución acuosa, con el fin de plantear una alternativa para el aprovechamiento de este residuo agroindustrial, y contribuir a solucionar un problema ambiental relacionado con el vertimiento de aguas contaminadas con cromo. Este metal es considerado peligroso para los ecosistemas y el hombre, producen toxicidad para las plantas, ocasionando disminución en la incorporación de calcio, de potasio, fósforo, de hierro y de manganeso, además, de afecciones en el metabolismo de los carbohidratos y disminución de la clorofila (Acosta & Montilla, 2011). En donde los resultados se demostraron la capacidad de adsorción de cromo sobre el biomaterial a partir de pericarpio de cacao; destacándose que se trabajó con concentraciones iniciales del metal similares a las reportadas por contaminación debido a vertimientos de curtiembres en fuentes hídricas.

Martínez-Cervera et al. (2011) Utilizaron fibra dietética soluble extraída de la cáscara de cacao en la producción de muffins de chocolate. Las fibras la usaron como sustitutos de grasa y los resultados mostraron una disminución del endurecimiento durante el almacenamiento, buena textura, mayor humedad y un color agradable de muffins enriquecidos. Las fibras dietéticas solubles de la cáscara de cacao también la utilizaron en la producción de pan de trigo, mostrando un efecto suavizante. Los autores concluyeron que estas fibras se pueden utilizar hasta en un 6%

y no tienen un efecto negativo en la aceptabilidad sensorial y almacenamiento del pan. El enriquecimiento de productos como muffins y pan, que se consumen con frecuencia, con fibras dietéticas de la cáscara de cacao puede tener efectos beneficiosos sobre la absorción de glucosa, como se demostró en un estudio *in vitro* realizado por (Nsor-Atindana et al. 2012).

Mazzutti et al. (2018), Utilizaron cáscara de cacao para obtener extracto enriquecido en lípidos y extracto rico en fenoles. Estos productos mostraron un gran potencial para su incorporación en productos alimenticios. Otro estudio realizado con extractos de cáscara de cacao tuvo como objetivo proteger los polifenoles que están presentes en este tipo de extracto. Los resultados mostraron que los polifenoles de estos extractos estaban protegidos durante el horneado y el almacenamiento (Barisić et al., 2020).

Bernaert y Rysscher (2013), utilizaron la cascara de cacao alcalinizada para la producción de una bebida de este con un sabor único y rica en fibras dietéticas en donde en otro estudio, concluyeron que el polvo de cáscara de cacao podría usarse en diferentes productos alimenticios como reemplazo del polvo de cacao. La cáscara de cacao alcalinizada también la utilizaron en la elaboración de galletas, y como resultado mostraron mayor resistencia a la rotura en comparación con las galletas de trigo. Realizaron otro estudio sobre bebidas funcionales con cáscara de cacao, donde las bebidas con mayor contenido de compuestos bioactivos fueron las menos apreciadas por los consumidores. Esto probablemente se debió a los polifenoles y las metilxantinas que dan un sabor astringente a estos productos (Barišić et al., 2020).

Algunas implementaciones directas de cáscara de cacao en productos alimenticios sin procesamiento previo incluyen la producción de salchichas de cerdo y snacks extruidos. Las salchichas de cerdo con niveles de cáscara de cacao del 1 % o menos mejoraron el color, la viscosidad, el contenido de humedad y la estabilidad de la emulsión. Un descubrimiento

interesante fue también que la adición de cáscara de grano de cacao podría inhibir la oxidación de lípidos en este tipo de productos. La cáscara de cacao también será interesante para incorporarla a los chocolates porque no sería necesario transportarla desde las fábricas de chocolate. Se utilizaría directamente en la producción de chocolate, lo que disminuiría el costo de su uso. Se ha realizado una gran cantidad de investigación centrada en el enriquecimiento de chocolates con fuentes de fibra en las que reemplazan el azúcar o la grasa. Esto da una esperanza prometedora de que el uso de la cáscara de cacao en la producción de chocolate podría cobrar vida (Barisić et al., 2020).

Bebida a Base del Mucílago del Cacao

Según los autores Arciniega y Espinoza (2020) desarrollaron una bebida a base del néctar del mucílago de cacao, donde utilizaron este subproducto porque su desperdicio es masivo, el cual se introduce en base a las vitaminas y energía que la bebida aporta a el organismo, Para esto los trabajó con 5 formulaciones por duplicado, con el fin de obtener la fórmula final, para lo cual realizaron una evaluación sensorial de color, olor, sabor y viscosidad con 30 consumidores finales, de cuyos resultados diseñaron un análisis estadístico a través de ANOVA y la prueba de Tukey, con lo cual concluyeron que las variables independientes del producto influyen significativamente en las características organolépticas evaluadas. La formulación final obtenida contiene 62.5% de pulpa, 37.5% de agua. Además, se obtuvieron un rendimiento del producto de un 100% lo cual representa una rentabilidad en la comercialización del producto con un P.V.P de 1.25 obteniendo así una ganancia aceptable del 50% .

La investigación es de forma experimental, donde se trabajaron en base a los métodos deductivo, inductivo, analítico y de observación, con el fin de manipular las variables independientes del producto, que en este caso son el néctar del mucílago de cacao y agua, en

donde la descripción del proceso para la elaboración del producto a base del néctar del mucílago de cacao consta de las siguientes etapas como se muestra en la figura 34.

Figura 34

Diagrama de elaboración del néctar a base del mucilago



Fuente. (Arciniega-Alvarado & Espinoza-León, 2020) con adaptaciones.

El producto final se trata de una bebida natural denominado “BACAO”, el cual es un producto de consumo humano obtenido mediante la mezcla entre pulpa del mucilago y agua, utilizando como conservante el benzoato de potasio al 0.01% (Arciniega-Alvarado & Espinoza-León, 2020). Determinaron que con la dilución de la pulpa del mucílago del cacao en agua se puede obtener un producto con características organolépticas aceptables por el consumidor.

Además, en cuanto a los costos de elaboración del producto, determinaron que se trata de un producto rentable y competitivo, ya que con un costo de producción de 0.8949 centavos y un margen de utilidad del 50%; se obtiene un P.V.P. (precio de venta al público) de \$ 1,40 y por tanto se pudo apreciar que la cantidad pulpa y agua si influyen significativamente en las características organolépticas de la bebida a base del mucilago del cacao (Arciniega-Alvarado & Espinoza-León, 2020).

Elaboración de un Biocomposito con Aplicación en la Construcción Sostenible

Rojas (2019) proyecto la evaluación de un biocomposito elaborado a partir de cáscara de Cacao residual y polipropileno, provenientes del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Primero realizó una caracterización física y química de la cáscara, donde obtuvo un 85% en contenido de humedad, 30% en masa de azúcares reductores y 7% de cenizas totales.

El autor realizó tres composiciones distintas 70/30, 80/20 y 90/10 de polipropileno y cáscara respectivamente. Previo a la elaboración de éste realizó un tratamiento a la cáscara con Dodecil Sulfato Sódico (SDS) como tenso activo para mejorar la adhesión de ésta al polipropileno. Una vez el autor elaboro el biocomposito analizó la adhesión interfacial entre las matrices y su absorción de agua (Rojas, 2019). La microscopía electrónica de barrido realizado por el autor demostró que los biocomposito compuestos con cáscara tratada tuvieron un mejor comportamiento e interfaz de adhesión en comparación con aquellos que tenían cáscara sin tratamiento. La absorción de agua de los biocomposito se redujo con la presencia del SDS, gracias a las características hidrofóbicas de éste tenso activo. Por último, evaluó la sostenibilidad del material a través de las matrices de evaluación de las certificaciones BREEAM (método de evaluación y certificación de la sostenibilidad en la edificación técnicamente más avanzado y líder a nivel mundial por el número de proyectos certificados desde su creación en 1990) y

LEED (Sellos de calidad que se otorgan a los edificios para acreditar que son sostenibles y buenos con el medioambiente), donde el material tuvo un puntaje de 6/6 y 5/6 respectivamente, catalogando el material como sostenible (Rojas, 2019).

El método que empleo Rojas para esta estudios es analítico, en donde analizó las diferentes cualidades del material elaborado, para así conocer si realmente puede ser aplicado y considerado como material sostenible según las certificaciones de construcción sostenible a emplear (Rojas, 2019).

Para la elaboración de este producto lo primero que realizo fue la recolección de las muestras de Cacao en el Municipio de San Vicente Chucurí que se muestran en la figura 35 y 36, donde además el autor realizo un registro fotográfico de la disposición de las cáscaras y el modelo de vivienda cacaotera del municipio. Junto a ello, socializó con los pequeños productores de algunas veredas acerca del sistema de producción del Cacao y el sistema de recolección de los residuos orgánicos. La visita técnica tuvo una visión más amplia frente a la problemática planteada y se hizo reconocimiento en campo de los residuos de cáscara de cacao y su respectivo manejo (Rojas, 2019).

Figura 35

Cacao CCN – 51



Fuente. (Rojas, 2019).

Figura 36*Cacao criollo*

Fuente. (Rojas, 2019)

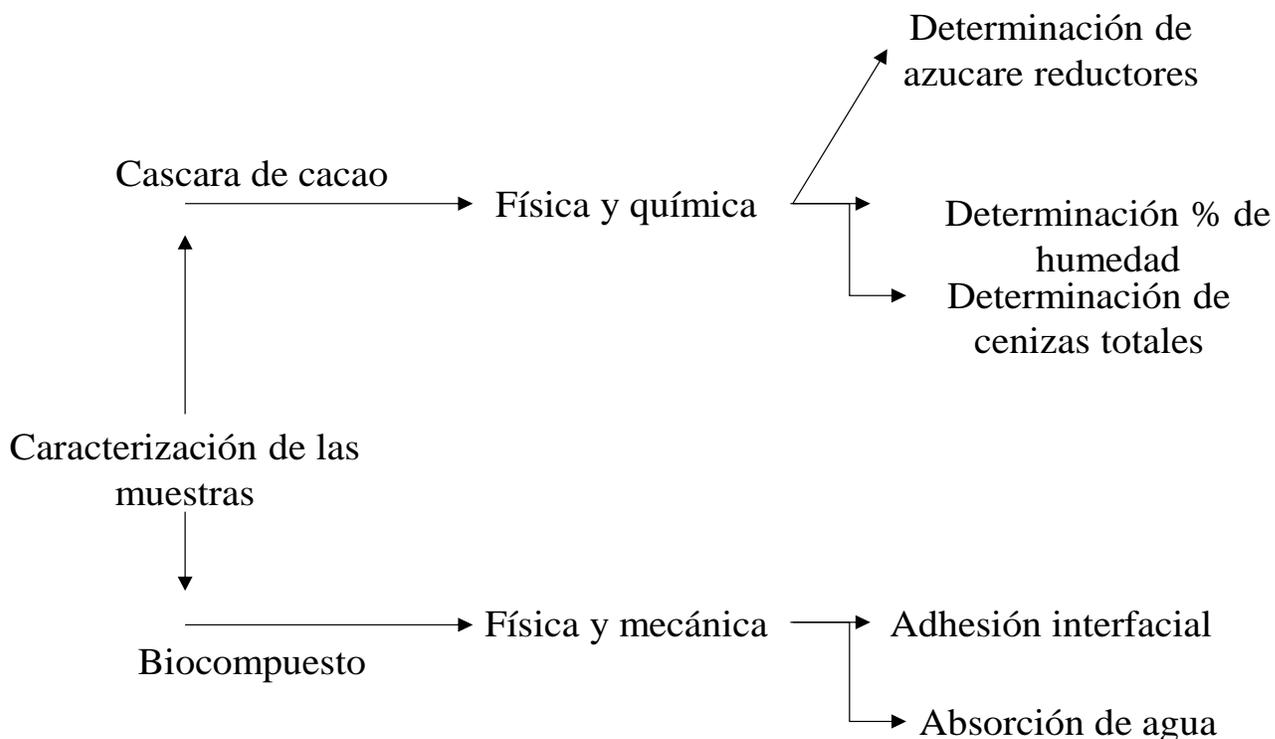
Teniendo las muestras de cáscara realizó un acondicionamiento físico y químico a las fibras naturales del Cacao lo cual permitió mejorar las condiciones de las fibras para mejorar su adhesión a la matriz polimérica sintética. Por otra parte, se preparó los residuos poliméricos sintéticos, en este caso la trituración de estos, para facilitar el proceso de adhesión.

Finalmente se elaboraron materiales de tres concentraciones distintas de fibra polimérica y natural, es decir 90/10, 80/20 y 70/30 respectivamente, para así conocer cuál de las concentraciones presentó las mejores condiciones como material de construcción (Rojas, 2019).

En la figura 37 se muestra la caracterización de las muestras que se tuvieron en cuenta para la elaboración del biocomposito.

Figura 37

Caracterización de muestras para la elaboración del biocomposito



Fuente. (Rojas, 2019)

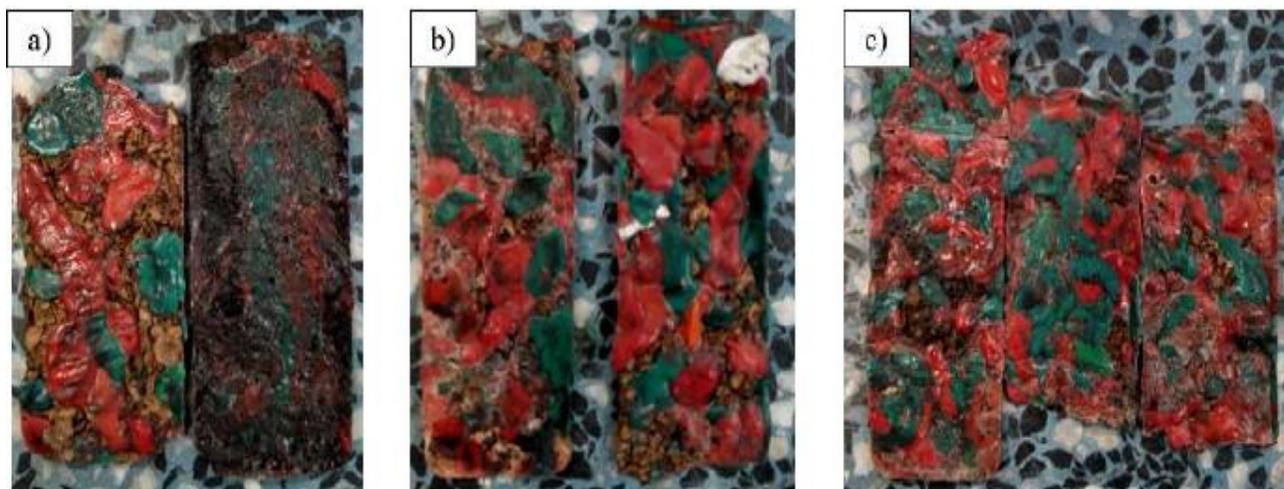
El segundo objetivo fue realizar dos caracterizaciones, la primera física y química de las muestras de cáscara de cacao, lo que permite identificar las cáscaras y así comprender mejor el material para el que se han realizado los tres ensayos (Rojas, 2019). El primero se centra en la detección de azúcares reductores, que son polisacáridos que se reducen a moléculas simples, es decir, monosacáridos, por hidrólisis. También se determinó el % de humedad, cuya importancia permite el control del material para evitar el crecimiento de microorganismos y reacciones químicas que puedan destruir el material (García & Fernández, 2012). El análisis final de las muestras orgánicas fue la determinación de la ceniza total, que se considera el residuo inorgánico de la combustión orgánica, ya que los compuestos orgánicos se transforman en dióxido de

carbono y óxidos de nitrógeno a temperaturas fluctuantes. Por tanto, a 500 y 600 °C, los residuos son óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros (Márquez, 2014). Sin embargo, utilizaron dos pruebas físicas para caracterizar los materiales finos. La primera es la adhesión interfacial, que es la adhesión interfacial entre componentes mantenida por fuerzas intermoleculares o formación de cadenas; da una idea de cómo se unen las fibras naturales con las fibras sintéticas. El % de hinchamiento o absorción de agua es en sí mismo una medida indirecta de la porosidad del material, a mayor porosidad mayor absorción de agua (Morales J., 2005).

El autor elaboro tres composiciones distintas, 70/30, 80/20 y 90/10, cada una hecha con cáscara con y sin tratamiento como se muestra en la figura 38 se muestra biocomposito sin cascara tratada a) 70/30 b)80/20 c) 90/100 y en la figura 39 se ilustra biocomposito con cascara tratada a) 70/30 b) 90/100.

Figura 38

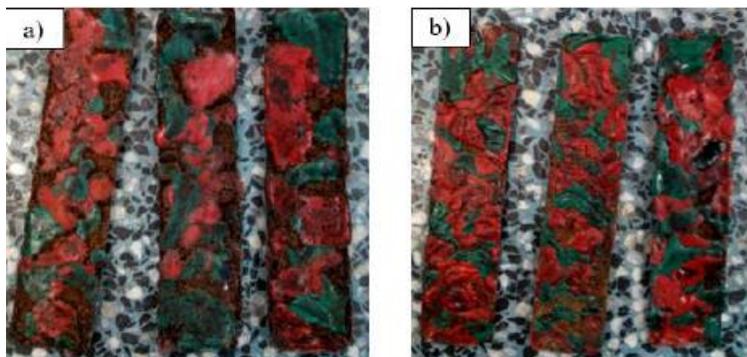
Biocomposito sin cáscara tratada



Fuente. (Rojas, 2019) a) 70/30 b)80/20 c) 90/100

Figura 39

Biocomposito con cascara tratada a) 70/30 b) 90/100

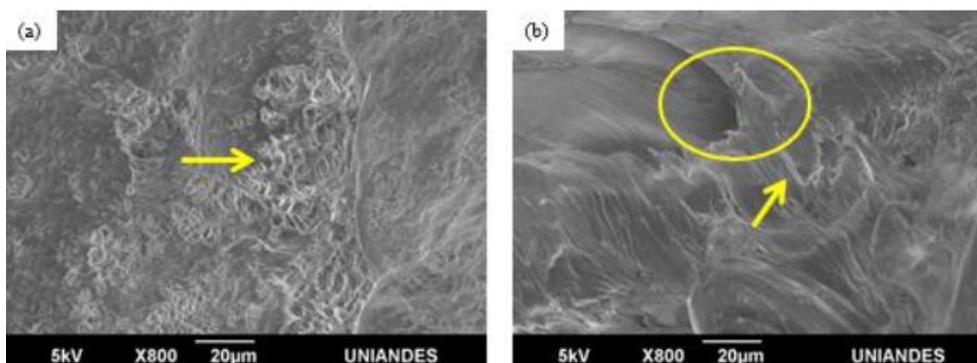


Fuente. (Rojas, 2019)

La prueba de adhesión interfacial la hizo mediante la técnica microscópica electrónica de barrido. Esta técnica permite analizar características de los materiales como su morfología, estructura y composición. Funciona bajo la respuesta hacia un haz de electrones que chocan con la superficie de una muestra, recubierta en este caso con oro, que al impacto generan una señal de electrones retrodispersados y secundarios los cuales son detectados por los dispositivos Everhart Thornley y Solid State Detector (SED) que capturan los electrones y los convierten en una señal digital interpretada por intensidad de color en una escala de grises (Rojas, 2019).

Figura 40

Micrografía del polipropileno



Fuente. (Rojas, 2019)

El autor realizó una microscopía electrónica como se muestra en la figura 40 de barrido sobre las fibras de cáscara tratada y sin tratar. Las micrografías mostraron el cambio morfológico que se generó en la cáscara con la adición del SDS. La microscopía de la izquierda, (a), a una magnificación de x150, muestra la estructura de la cáscara en su estado natural. En ésta se puede evidenciar que el área superficial de ésta es pequeña, puesto que se ve una estructura rígida, homogénea y se presencia la dirección de las fibras lignocelulósicas, que como se mencionó anteriormente, brindan características resistentes a la cáscara. En adición, la microscopía (a) muestra que sin importar la molienda que se hizo a la cáscara las fibras conservaron su estructura y resistencia. Por su parte, la microscopía a la derecha muestra la cáscara tratada a la misma magnificación. A simple vista es notorio el aumento de porosidad en la superficie, por ello se aprecia esa característica de esponja o florecimiento, esto se debe a la modificación estructural de la lignina, es decir, hubo separación de las fibras por la presencia del tenso activo SDS. Esta modificación y aumento de superficie representan la mejora en la adhesión de la fibra de la cáscara con la fibra polimérica, ya que hay una mayor área de adhesión (Rojas, 2019).

Al igual que la cáscara, la caracterización del biocomposito se hace necesaria puesto que permite conocer sus propiedades y así su aplicación en la construcción sostenible. El porcentaje de absorción de agua presentada por los biocompositos con cáscara tratada fue menor en comparación con los elaborados con cáscara sin tratar, queriendo decir que la adición del SDS (dodecil sulfato sódico) le brinda características hidrofóbicas a la cáscara haciendo que absorba un menor porcentaje de ésta. De las composiciones en masa de los biocompositos elaborados siendo el primer porcentaje polipropileno y la segunda cáscara, 70/30, 80/20, 90/10, las dos últimas composiciones presentaron mejor comportamiento tanto en adhesión como en absorción de agua, principalmente en aquellos en donde la cáscara fue tratada (Rojas, 2019).

Por último, el material es considerado sostenible según la evaluación realizada con matrices de las certificaciones BREEAM y LEED en materiales de construcción. Estos sistemas se caracterizan por la construcción de viviendas a partir de módulos previamente fabricados, por lo que el material se hace factible, al ser ligero y de fácil ensamble. Al estar prefabricados se facilita su ensamble, reduciendo costos en materiales y mano de obra, además de bajo costo del material por estar elaborado a partir de material 100% reciclado (Rojas, 2019).

Diseño de una Bebida a Base de Tomate de Árbol y Cascarilla de Cacao

Matute & Fernández (2022) diseñaron una bebida a base de tomate de árbol con cascarilla de cacao, para obtener un alimento sensorialmente aceptado y con propiedades antioxidantes. Las formulaciones por evaluar se plantearon mediante un diseño de bloques, considerando como variable respuesta, la aceptación sensorial y como variables independientes tres niveles de cascarilla y goma xantana. La formulación de mayor aceptación (I), logró incluir 1 % de polvo de cascarilla de cacao con 0,05 % de estabilizante. El análisis fisicoquímico de la mejor formulación evidenció un aporte de 5,64 mg de vitamina C y 72,6 mg de fenoles totales, equivalente a ácido gálico por cada 330 mL de jugo. Los resultados sugirieron que esta bebida es una opción beneficiosa para el consumidor debido a su capacidad antioxidante.

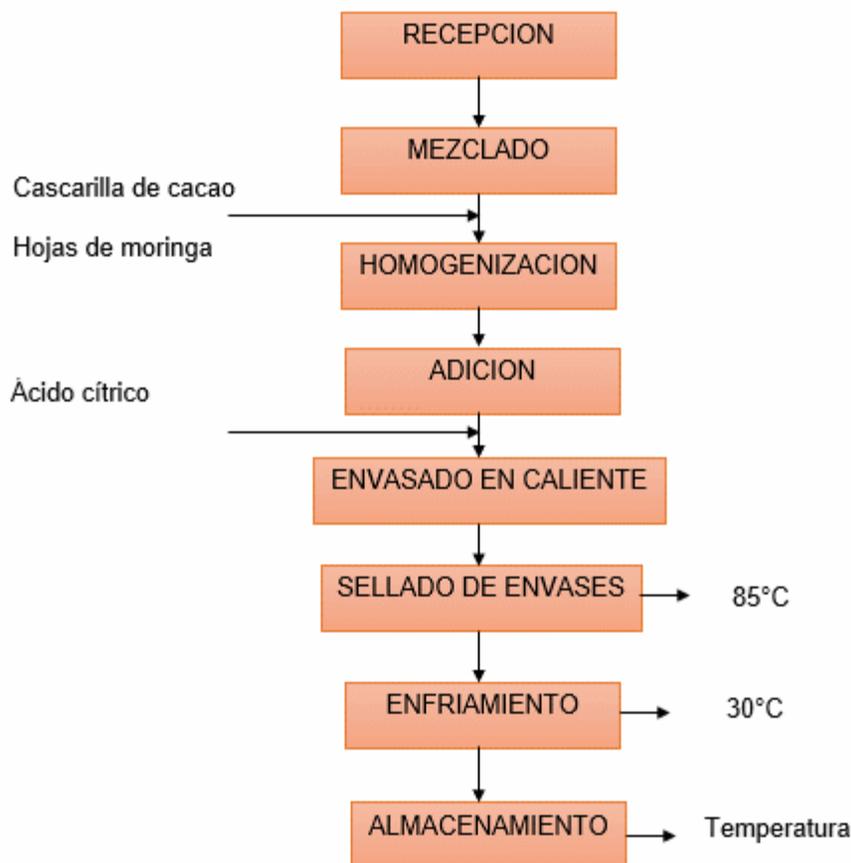
Las materias primas utilizadas (cascarilla de cacao variedad Nacional y el fruto de *S. betaceum de ecotipo neozelandés ecuatoriano*) las lavaron y, posteriormente las desinfectaron por inmersión en una solución de Star-Bac (desinfectante doméstico - Reg. San. 2234-ALN-0614), a una concentración de 1,5 mL/L de agua, durante 5 minutos. Utilizaron polvo de cascarilla de cacao, con un tamaño de partícula inferior a 425 micras, la cual previamente la secaron ($45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) en una estufa con recirculación de aire forzado (Matute-castro & Campo-fernández, 2022).

Para el diseño de la bebida, tomaron como base una formulación modelo, donde se mantuvieron estables los siguientes componentes: pulpa de tomate de árbol; azúcar refino y benzoato de sodio. Todas las preparaciones incluyeron agua en cantidad suficiente para llegar al 100% de la formulación. Como variables independientes consideraron tres niveles de polvo de cascarilla de cacao (1; 1,5; 2%) y de goma xantana (0,05; 0,075; 0,1%). Este último fue empleado para mantener suspendido el material vegetal (insoluble en agua) en la bebida y las concentraciones propuestas en el diseño cumplen con lo establecido en el Codex Alimentarius (CODEX STAN 192-1995) para bebidas de fruta. Los límites establecidos para ambos componentes de la formulación fueron ingresados en el software estadístico Statgraphics versión 5.0, empleando un diseño de bloques, obteniéndose 20 corridas experimentales, incluidas sus correspondientes réplicas (Matute-castro & Campo-fernández, 2022). En la figura 41 se muestra el diagrama de elaboración de la bebida a base de tomate de árbol.

Como resultado en términos de nivel de aceptación sensorial, obtuvieron que el tratamiento I fue de mayor aceptación sensorial. A partir de este análisis quedo establecida la formulación de la siguiente manera: 25% pulpa de tomate mora, 9.25% sacarosa, 1% cascarilla, 0.05% goma xantana, 0.1% benzoato de sodio, agua en cantidad suficiente para llegar al 100%. En dicha bebida lograron maximizar el contenido de cascarilla de cacao y minimizar el de goma xantana, sin afectar la aceptación sensorial de la misma (Matute-castro & Campo-fernández, 2022).

Figura 41

Diagrama de elaboración de la bebida a base de tomate de árbol



Fuente. (Matute-castro & Campo-fernández, 2022).

Considerando los resultados obtenidos de la evaluación físico, química y nutricional, la bebida formulada cumple con los requerimientos establecidos en la NTE INEN 2337 y, además, podría considerarse un producto con potencial funcional, debido a la capacidad antioxidante otorgada por los compuestos orgánicos presentes y en particular los de naturaleza fenólica, aportados por el *S. betaceum* y la cascarilla de cacao (Matute-castro & Campo-fernández, 2022).

Lo antes mencionado, representa un beneficio para la salud de los consumidores, según lo expuesto por diversos autores que han asociado el consumo de antioxidantes naturales con la prevención de enfermedades derivadas del sistema oxidativo en el cuerpo humano. Por otro lado, es importante considerar que la bebida formulada no solo constituye producto con bondades nutricionales, sino que además ha sido elaborado con materias primas endémicas de Ecuador y

en el caso específico de la cascarilla de *Theobroma cacao L*, considerada un desecho orgánico, lo que sin lugar a duda es un aporte para la conservación del medio ambiente (Matute-castro & Campo-fernández, 2022).

Desarrollo de una Infusión de Hojas de Moringa y Cascarilla de Cacao

Campo et al. (2019) diseñaron una formulación combinando las hojas de moringa como ingrediente esencial y la cascarilla de cacao para lograr una bebida potencialmente funcional, de calidad y beneficiosa para la salud humana en donde las hojas de *Moringa oleifera L* (moringa) han ganado popularidad desde el punto de vista nutricional y terapéutico gracias a los compuestos bioactivos que contiene, por lo tanto la combinación con la cascarilla de *Theobroma cacao L* podría favorecer su consumo en forma de infusión mediante la cual se aprovechan más los macro y micronutrientes, así como sus metabolitos hidrosolubles con posibles beneficios para la salud humana, en donde determinaron la calidad de las hojas secas de moringa mediante la humedad residual, las cenizas totales e insolubles en ácido, proteína, fibra, grasas, minerales, tamizaje fitoquímico, fenoles totales y la capacidad antioxidantes y por tanto se estandarizó la formulación diseñada según su pH, la densidad relativa, el índice de refracción, los grados Brix, la fructosa y glucosa.

Además, analizaron los marcadores químicos mediante espectrometría de masas, el contenido de los fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante mediante el DPPH en donde los parámetros evaluados en las drogas secas se encuentran dentro de los límites referidos en la literatura, se destaca un elevado contenido en minerales, fundamentalmente, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso. El contenido de fenoles totales fue de 3521 mg de polifenoles de droga y una capacidad antioxidante del 85,74 %. La infusión diseñada posee las características necesarias para ser considerada gracias a sus

propiedades nutricionales y antioxidantes como una bebida beneficiosa para la salud humana y con gran aceptación desde el punto de vista sensorial (Campo et al., 2019).

Para el procesamiento de la droga vegetal (*M. oleifera*) las debidas hojas de moringa se cosecharon en los terrenos de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias en febrero del 2017 a los 3 meses de sembrada. Fue identificada y herborizada en el Herbario Guay de la Universidad de Guayaquil Ecuador. Los autores lavaron la droga vegetal con agua potable y desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2 %. Luego la secaron durante 5 días a temperatura ambiente y, posteriormente, en una estufa (MEMMERT) a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 2 días hasta alcanzar el peso constante. Finalmente, molieron en un triturador de cuchillas (BLACK & DECKER). El material vegetal lo tamizaron y obtuvieron un tamaño de partícula inferior a $425\text{ }\mu\text{m}$, luego lo almacenaron en fundas herméticas a temperatura ambiente (Campo et al., 2019).

Para la elaboración de la formulación los autores obtuvieron un peso neto de 1,05 g para infundir en 200 mL de agua caliente (moringa 0,80 g, cascarilla de cacao 0,20 g, ácido cítrico (GTM, CAS: 77-92-9) 0,05 g y la trabajaron con cascarilla de cacao de la variedad nacional. La muestra fue debidamente estandarizada y todas las materias primas tenían un tamaño de partícula menor que $425\text{ }\mu\text{m}$ las cuales mezclaron de forma manual en una funda de nylon y la masa de polvos obtenida la envasaron en bolsas filtrantes de 5,5 x 6 cm propias para las infusiones y que cumplen las especificaciones establecidas por la legislación Nacional y el Codex Alimentarius (Campo et al., 2019).

En cuanto al control de calidad del extracto acuoso (infusión) realizaron la combinación de hojas de moringa con la cascarilla de cacao buscando de esta forma mejorar las características organolépticas de la infusión, fundamentalmente sabor, olor y color debido a que la infusión con moringa, solamente, tiene un sabor entre amargo y picante, y un olor característico no atractivo

en donde la cascarilla de cacao, además de mejorar las características sensoriales, aporta a la infusión desde el punto de vista nutricional y funcional. Según estudios realizados por Vivanco (2018), contiene un 8,75 % de proteínas, 35,24 % de carbohidratos, 0,61 % de teobromina, 0,04 % de vitamina C, 1 020 mg de polifenoles de droga seca y logra una inhibición del radical libre DPPH del 87,28 %.

Por todo lo antes expuesto los autores identificaron que el aditivo actúa de manera sinérgica con el ingrediente activo esencial, sobre todo, en su actividad antioxidante. La adición de ácido cítrico logró enmascarar de manera satisfactoria el sabor, lógicamente, luego de endulzar la infusión al gusto del consumidor y una vez preparada la infusión sin endulzar, determinaron los parámetros, los cuales definen la calidad de esta y hacen posible su caracterización.

Los autores realizaron una evaluación sensorial mediante una prueba de aceptación o rechazo por parte de 60 jueces no entrenados lo cual dio como resultado que 59 jueces consumidores aceptaron el producto, por tanto, dicen que existe diferencia significativa entre el número de jueces que aceptan y los que no aceptan el producto. Paralelamente, mediante una escala hedónica verbal determinaron que, de los 60 juicios emitidos, el 78,3 % calificaron la bebida entre me gusta y me gusta extremadamente (Campo et al., 2019).

Los resultados obtenidos en la elaboración de un diseño de una infusión de hojas de moringa y cascarilla de cacao los autores validaron que internacionalmente ya se ha mencionado acerca de las hojas de moringa en otras regiones geográficas, sino que también demostraron que la infusión tienen compuestos bioactivos que sustentarían la efectividad de esta planta como posible alimento funcional (Campo et al., 2019).

Conclusiones

Se realizó un análisis de información referente a la elaboración de productos innovadores a base de los desechos agroindustriales que arroja el cacao en sus distintas etapas de transformación.

Se identificaron las propiedades fisicoquímicas del cacao donde se analizó todo su origen botánico, taxonomía, composición química y nutricional, además del proceso de beneficio donde este tiene diferentes etapas, las cuales dos de las más importantes es la de fermentación debido a que ocurren cambios bioquímicos y físicos en todas las estructuras del grano, y la etapa de secado porque allí continúa el desarrollo de algunos procesos fisicoquímicos que no se completaron en la etapa de fermentación como lo es la oxidación y la transformación de polifenoles los cuales estos conllevan a que el grano quede con sus características sensoriales deseables y verifican la calidad del grano.

Se clasificaron los desechos agroindustriales generados en el procesamiento de cacao donde se determina que son: cascara, cascarillas, placenta, mucilago y semilla en donde estos tienen un total del 90% de residuos; lo que indica que tan solo el 10% del fruto de cacao es aprovechado.

Se determinó el valor agregado de los desechos agroindustriales donde se generan nuevos productos como lo son: diseño de una infusión de hojas de moringa oleífera l (moringa) y cascarilla de *Theobroma cacao L* (cacao), diseño de una bebida a base de solanum betaceum Cav. (tomate de árbol) y cascarilla de *Theobroma cacao L* (cacao); Pan a partir de la Placenta del Cacao, Remoción de Metales Pesados empleando la Cáscara de Cacao, Bebida a base del Mucílago del Cacao (*Theobroma Cacao L*).

Referencias

Agus, BAP; Hussain, N.; Selamat, J. Cuantificación de PAH4 en granos de cacao tostados mediante QuEChERS y microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME) junto con HPLC-FLD. *Química alimentaria* 2019, 125398

Acosta De Armas, M., & Montilla Peña, J. (2011). Evaluación de la contaminación de Cadmio y Plomo en agua, suelo y sedimento y analisis de impactos ambientales en la subcuenca del rio Balsillas afluente del rio Bogotá.

Aguirre-Medina, J. F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia*, 32(8), 541–546. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000800010

Anvoh, K. Y. B., Bi, A. Z., & Gnakri, D. (2009). Production and Characterization of Juice from Mucilage of Cocoa Beans and its Transformation into Marmalade. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 129–133.

Arciniega-Alvarado, G. A., & Espinoza-León, R. A. (2020). Optimización de una bebida a base del Mucílago del Cacao (*Theobroma cacao*), como aprovechamiento de uno de sus subproductos. *Dominio de Las Ciencias*, 6(3), 310–326. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1286>

Álvarez, C., Pérez, E., Lares, M.C., 2007. Caracterización fisicoquímica de granos de cacao fermentados, secos y tostados cultivados en la región de cuyagua, estado aragua. *Agronomía Tropical*. 57 (4), 249256.

Barišić, V., Jozinović, A., Flanjak, I., Šubarić, D., Babić, J., Milicević, B., Doko, K., & Ackar, D. (2020a). Difficulties with use of cocoa bean shell in food production and high voltage

electrical discharge as a possible solution. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10).

<https://doi.org/10.3390/SU12103981>

Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): Una posible fuente comercial de pectinas. *ALAN* v.58, 64–70. Retrieved from

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100009

Bernaert, H.; Ruyscher, I.D. Proceso de producción de polvo de cáscara de cacao. Patente estadounidense 9.375.024B2, 26 de junio de 2013

Buelvas Salgado, G. A. (2019). Incidencia de las prácticas de fermentación y secado sobre la calidad del grano de cacao producido en el Occidente Antioqueño. *Encuentro Sennova Del Oriente Antioqueño*, 2(1 SE-Artículos), 102–112.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.072>

Bhattacharjee, R. (2018). Achieving sustainable cultivation of cocoa Edited by Professor Pathmanathan Umaharan. *Burleigh Dodds Science, January* 1–18.

Campo-Fernández, Sojos-Asencio, Bastidas-Bastidas, Silva-Susal, Matute-Castro, Cuncarrion, Cuesta-Rubio, Jaramillo-Jaramillo, M.-H. (2019). *Diseño de una infusión de hojas de Moringa oleifera L (moringa) y cascarilla de Theobroma cacao L (cacao)*. 24(1), 1–15.

Caracterización Fisicoquímica Y Beneficio Del Grano De Cacao (*Theobroma Cacao L.*) En Colombia Bogotá, abril De 2005 Federación Nacional De Cacaoteros Fondo Nacional Del Cacao Programa De Comercialización 41 Años Federación Nacional De Cacaoteros. (N.D.).

[Www.Produmedios.Com](http://www.produmedios.com)

Crowley, P., Grau, H., & Arendt, E. K. (2000). Influence of additives and mixing time on crumb grain characteristics of wheat bread-making. *Cereal Chemistry*, 77(3), 370–375.

Chavan, R. S., & Chavan, S. R. (2011). Sourdough technology: A traditional way for whole some foods: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 169–182.

Carlos, G., Atuesta, P., Lorena, L., Antolinez, P., Cristina, I., & Astudillo, P. (2020). *cacao) para la remocion de cromo en solución acuosa Use of Cocoa Podhusk (Theobroma Cacao) in the Removal of Chrome from Aquous Solutions.*

<https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1393>

Ciecierska, M. Contaminación de granos de cacao de diferentes orígenes y variedades y sus productos derivados con hidrocarburos aromáticos policíclicos. *Química alimentaria*2020,317, 126408.

Cinar, Z. Ö., Atanassova, M., Tumer, T. B., Caruso, G., Antika, G., Sharma, S., Sharifi-Rad, J., & Pezzani, R. (2021). Cocoa and cocoa bean shell's role in human health: An updated review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103(August).

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104115>

Costa, L. A., Bramorski, A., Silva, M. C., Teixeira, E., & Amboni, R. D. M. C. (2005). Desenvolvimento de alimento em barra à base de residuo da fabricação de farinha de mandioca. *Alimentos y Nutricion* 16(4), 389–396.

CODEX STAN 192-1995. Normas Alimentarias Internacionales. Norma general para los aditivos alimentarios. Programa Conjunto FAO/OMS. Decimo novena revision. 2018.

Coronado,

Copetti, MV; Iamanaka, BT; Pereira, JL; Lemes, DP; Nakano, F.; Taniwaki, MH
Determinación de aflatoxinas en subproductos del procesamiento industrial de granos de cacao. *Aditivo alimentario. contacto Parte A*2012, 29, 972–978.

Criollo, L. (2021). *Artículo Original / Original Article*. 48(4), 500–506.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000400500>

CAOBISCO, ECA, & FCC. (2015). Cacao en Grano : Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao(Informe técnico). Retrieved from <http://www.cocoaquality.eu/data/Cacao> en Grano Requisitos de Calidad de la Industria Apr 2016

Corsetti, A., & Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40, 539–558.

Díaz-Oviedo, A. F., Ramón-Valencia, B. A., & Moreno-Contreras, G. G. (2022). Caracterización fisicoquímica de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 12(1), 97–106. <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211>

Efraim, P., Alves, A.B., Jardim, D.C.P., 2011. Polifenóis em cacau e derivados: teores, fatores de variacao e efeito na saude. *Braz. J. Food Technol.* 14 (3), 181-201.

Foureau, E., Courdavault, V., Rojas, L. F., Dutilleul, C., Simkin, A. J., Crèche, J., Atehortúa, L., Giglioli-Guivarc'h, N., Clastre, M., & Papon, N. (2013). Efficient gene targeting in a *Candida guilliermondii* non-homologous end-joining pathway-deficient strain. *Biotechnology Letters*, 35(7), 1035–1043. <https://doi.org/10.1007/s10529-013-1169-7>

Federación Nacional de Cacaoteros. (2013). Guía ambiental para el cultivo del cacao. Retrieved from https://www.fedecacao.comco/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf

Franco Castillo, M., Ramírez Hernández, M., García Gómez, R. S., Bernal González, M., Espinosa Aquino, B., Solís Fuentes, J. A., & Durán De Bazúa, C. (2010). Reaprovechamiento

integral de residuos agroindustriales: cáscara y pulpa de cacao para la producción de pectinas.

Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias, 1(2), 45–66.

Goenaga, R., Gultinan, M., Maximova, S., Seguine, E., & Irizarry, H. (2015). Yield performance and bean quality traits of cacao propagated by grafting and somatic embryo-derived cuttings. *HortScience*, 50(3), 358–362. <https://doi.org/10.21273/hortsci.50.3.358>

García, E., & Fernández, I. (2012). Determinación de la Humedad de un Alimento por un Método Gravimétrico Indirecto por Deseccación. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.

Ioanonne, F., Mattia, C.D., Gregorio, M., Sergi, M., Serafini, M., Sacchetti, G., 2015. Flavanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (*Theobroma cacao* L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food Chem.* 174, 256-262.

Izurieta, W.P.; Komitopoulou, E. Effect of moisture on salmonella spp. heat resistance in cocoa and hazelnut shells. *Food Res. Int.* 2012, 45, 1087–1092.

Katz, D.L., Doughty, K., Ali, A., 2011. Cocoa and chocolate in human health and disease. *Antioxid. Redox Signal.* 15 (10), 2779–2811

Kenny, T., Keen, C., Jones, P., Kung, H., Schmitz, H., & Gershwin, M. (2004). Pentameric procyanidins isolated from *Theobroma cacao* seeds selectively downregulate ErbB2 in human aortic endothelial cells. *Experimental Biology and Medicine*, 229, 255

Kim, J., Lee, K. W., & Lee, H. J. (2011). Cocoa (*Theobroma cacao*) Seeds and Phytochemicals in Human Health. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 351–360. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10042-8>

Kalvatchev, Z., Garzaro, D., & Guerra, F. (1998). *Theobroma Cacao L.*: Un nuevo enfoque para Nutricion y salud. *Agroalimentaria*, 6, 23 – 25.

Latif, R. (2013). Health benefits of cocoa. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 16(6), 669–674. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328365a235>

Lopes, A.S., Pezoa-García, N.H., Amaya-Farfán, J., 2008. Calidad nutricional de las proteínas del cacao. *Ciencia y tecnología de Alimentos*. 28 (2), 263-268.

Lozano, M. (2020). Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión. Tesis de Pregrado, 31.

[https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/18805/Tesis Opcion de grado ingeniería de Alimentos Michael Lozano.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/18805/Tesis%20opcion%20de%20grado%20ingenieria%20de%20alimentos%20Michael%20Lozano.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Lucio, R. N. M. (2016). Valor nutricional del maguey deshidratado de cacao (*Theobroma cacao L.*) Nacional para la elaboración de barras nutricionales de uso alimentario. Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Facultad de Ciencias Pecuarias – Ingeniería em Alimentos, Ecuador.

Matute-castro, N., & Campo-Fernández, M. (2022). *Diseño de una bebida a base de SOLANUM BETACEUM CAV. (TOMATE DE ÁRBOL) y cascarilla de THEOBROMA CACAO L (CACAO) Resumen Design of a drink based on SOLANUM BETACEUM CAV. (TREE TOMATO) and husk of THEOBROMA CACAO L Abstract. 15, 122–132.*

Márquez, B. M. (2014). Cenizas y Grasas. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.

Morales, J. (2005). Tecnología de los Materiales Cerámicos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos

Mejía, C., Caastro, M., Carvajal, L., Castrillón, H., & Puerta, N. (2017). Agroindustria Del Cacao.

https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5241/agroindustria_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Maridueña-Macancela, I. J., Romero-Cardenas, E. J., Ramirez-Anormaliza, R., & D'Armas-Regnault, M. (2018). Homemade chocolate and its impact on the family economic regeneration. *Espacios*, 39(48).

McShea, A., Leissle, K., Smith, M.A., 2009. The essence of chocolate: a rich, dark, and well-kept secret. *Nutrition* 25 (11/12), 1104–1105.

Mendoza-Meneses, C. J., Feregrino-Pérez, A. A., & Gutiérrez-Antonio, C. (2021a). Potential Use of Industrial Cocoa Waste in Biofuel Production. *Journal of Chemistry*, 2021(Cm). <https://doi.org/10.1155/2021/3388067>

Martínez-Cervera, S.; Salvador, A.; Muguerza, B.; Moulay, L., Fiszman. S.M Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT* 2011, 44, 729 -736

Mazzutti, S.; Rodrigues, L.G.G.; Mezzomo, N.; Venturi, V.; Ferreira, S.R.S. Integrated green-based processes using supercritical CO₂ and pressurized ethanol applied to recover antioxidant compounds from cocoa (*Theobroma cacao* L) bean hulls. *J. Supercrit. Fluid* 2018, 135, 52–59.

Morejón Lucio R., Vera Chang J., Vallejo Torres C., Morales Rodríguez W., Díaz Ocampo R., Alvarez Aspiazú A, . (2018). Valor nutricional de la placenta deshidratada de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional, para la elaboración de barras nutricionales. *Conamti*, 5(11), 57–62. http://187.217.95.42/conamti/descargas/2018/15_Morejon_et_al_2018.pdf

Moreno, Shailili; Morán, Evelyn; Quijije, Isabel; Ochoa, D. (2021). Vista del Mucílago de *Theobroma Cacao* L. como base para un bioantimicrobiano mezclado con dos ácidos débiles_ alternativas ecológicas.pdf. <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.173>

Nasrollahzadehet, M., Sajadi, S.M., Rostami-Vartooni, A., Bagherzadeh, M., 2015.

Síntesis verde de nanopartículas de Pd/CuO por extracto de semillas de *Theobroma cacao L* y su rendimiento catalítico para la reducción de 4-nitrofenol y la reacción de acoplamiento Heck sin fosfina en condiciones aeróbicas. *J. Colloid Interface Sci.* 448(15), 106-113.

Nsor-Atindana, J.; Zhong, F.; Mothibe, K.J. In vitro hypoglycemic and cholesterol lowering effects of dietary fiber prepared from cocoa (*Theobroma cacao L.*) shells. *Food Funct.* 2012, 3, 1044. [CrossRef]

Niño Bernal, I. D. (2015). Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del Occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1425>

Okiyama, DCG; Navarro, SLB; Rodríguez, CEC Cáscara de cacao y sus compuestos: Aplicaciones en la industria alimentaria. *Tendencias Ciencias de la alimentación. Tecnología* 2017,63, 103–112.

Pérez, M. (2007). Revista de la Facultad de Agronomía. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 24(1), 113–132. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100008

Plasencia-Verde, C. C., Grabiell-Rios, K. S., Luque, J. A., & Best, I. K. (2021). Evaluación del potencial energético de residuos de cacao (*Theobroma cacao L.*) por medio de celdas de combustible microbiano (CCM). *Information Technological*, 32(4), 89–98. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000400089>

Plessas, S., Fisher, A., Koureta, K., Psarianos, C., Poonam, N., & Athanasios, A. K. (2008). Application of *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and *L. helveticus* for sourdough bread making. *Food Chemistry*, 106, 985–990.

Pourfarzad, A., Mohebbi, M., & Mazaheri-Tehrani, M. (2012). Interrelationship between image, dough and barbari bread characteristics; use of image analysis to predict rheology, quality and shelf life. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1354–1360.

Process Conditions. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 57(1), 73.

<https://doi.org/10.21048/ijnd.2020.57.1.24195>

Quimbita, F., Rodriguez, P., Vera, E. (2013). Vista de Uso del exudado y placenta del cacao para la obtención de subproductos.pdf.

<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/272/193>

Quintero R, M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47–59. Recuperado de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542004000100004

Ramljak, D., Romanczyk, L. J., Metheny-Barlow, L. J., Thompson, N., Knezevic, V., Galperin, M., et al. (2005). Pentameric procyanidin from *Theobroma cacao* selectively inhibits growth of human breast cancer cells. *Molecular Cancer Therapeutics*, 4, 537e546

Rizzello, C. G., Coda, R., Mazzacane, F., Minervini, D., & Gobbetti, M. (2012). Micronized by-products from debranned durum wheat and sourdough fermentation enhanced the nutritional, textural and sensory features of bread. *Food Research International*, 46, 304–313.

Rajo-poveda, O., Barbosa-pereira, L., Zeppa, G., & St, C. (2020). Cocoa Bean Shell — A By-Product with Nutritional. *Mdpi*, 1–29.

Rojas, L. M. (2019). Aprovechamiento de la cáscara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción sostenible. *Universidad El Bosque*, 53(9), 1689–1699. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932004000200009

Romero, C., & Zambrano, A. (2012). Análisis de azúcares en pulpa de cacao por colorimetría y electroforesis capilar Analysis of sugars in cocoa pulp by colorimetric and capillary electrophoresis. In *Revista Científica UDO Agrícola* (Vol. 12, Issue 4

Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Amazonia Colombiana. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1), 1–10. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1643>

Rusconi, M., Conti, A., 2010. *Theobroma cacao L.*, el alimento de los dioses: Un enfoque científico más allá de mitos y afirmaciones. *Pharmacol. Res.* 61 (1),513.

Roa Ortiz, S. A. (2009). Análisis de la estructura del comercio del cacao, subproductos y derivados en el mercado internacional. (M. A. López Guzman, Ed.) (USTA).

Robert, H., Gabriel, V., Lefebvre, D., Rabier, P., Vayssier, Y., & Fontagné-Faucher, C. (2006). Study of the behavior of *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc* starters during a complete wheat sourdough breadmaking process. *LWT - Food Science and Technology*, 39, 256–265.

Santos, A.T., Uchoa, F.N.M., Lima, M.S., Uchoa, N.M., Foschetti, D.A., Daniele, T.M.C., et al., 2015. Análise sensorial de um biscoito funcional a base de cacau e aveia. *Revista Intertox-EcoAdvisor de Toxicología Risco Ambiental e Sociedade*. 8 (3), 79-89.

Sánchez, D., Rodríguez, W., Castro, D., & Trujillo, E. (2019). Respuesta agronómica de mucilago de cacao (*Theobroma cacao L.*) en cultivo de maíz (*Zea mays L.*). *Ciencia En*

Desarrollo, 10(2), 43–58.

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/7958/8650

Suárez, Y. J., & Hernández, F. A. (2010). CORPOICA-ESTACIÓN EXPERIMENTAL LA SUIZA.

Scheuer, P. M., Southgate, A. N. N., Martelli, M. F., Días, C., da Silva, M. E., Coelho, A. A., & de Francisco, A. (2020a). Quality Properties of a Bread Made with Levain and Cocoa Waste. *Journal of Culinary Science and Technology*, 00(00), 1–12.

<https://doi.org/10.1080/15428052.2020.1848685>

Shahanas, E., Panjikkaran, S. T., Sharon, C. L., Aneena, E. R., Suma, B., Minimol, J. S., & Remya, P. R. (2020). Physico Chemical Properties of Chocolates and its Variability with

Souza, P. A., Moreira, L. F., Sarmiento, D. H. A., & da Costa, F. B. (2018). Cacao—*Theobroma cacao*. *Exotic Fruits*, 3(2001), 69–76. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803138-4.00010-1>

Torregroza-Espinosa, A. M., Gomezcaceres-Pérez, L. del C., Rodríguez-Manrique, J. A., & López-Martínez, R. J. (2019). Optimizing acceptability of mango jam enriched with pectin from cacao husk (*Theobroma cacao* L.). *DYNA* (Colombia), 86(208), 292–296.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72972>

Torres, D. (2019, April 10). Residuos del cacao como fuente para obtener nanocelulosa. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://www.upb.edu.co/es/noticias/residuos-cacao-como-fuente-para-obtener-nanocelulosa-upb>

Silva, S.A.M., Valarini, M.F.C., Chorilli, M., Venturini, A., Leonardi, G.R., 2013. Atividade antioxidante do extrato seco do cacau (*Theobroma cacao* L.)-Estudo de estabilidade e

teste de aceitacao de cremes acrescidos deste extrato. *Revista de Ciencias Farmacéuticas Básica e Aplicada*. 34 (4), 493-501.

Suas, M. (2009). *Advanced bread and pastry: A profesional approach*. USA: Cengage Learning. UN. United Nations. (2019). The one UM Climate change learning partnership. Retrieved from: <https://www.unclearn.org/learning-resources/learning-events/latin-america-and-Caribbean-climate-week-2019>

Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111, 590–597.

Sánchez, D., Rodriguez, W., Castro, D., & Trujillo, E. (2019). Respuesta agronómica de mucilage de cacao (*Theobroma cacao* L) en cultivo de maíz (*Zea Mays* L). *ciencia en desarrollo*, 10(2), 43 – 58.

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/7958/8650

USE OF THE COCOA SHELL FOR THE ELABORATION OF A. (2019). April. Vervuurt, W. (2019). *Modelling GHG emissions of cacao production at plot level in the Republic of Côte d'Ivoire*. 94.).

Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., & Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 656(3), 239–254.

Valdez, G. F., Gerez, C. L., Torino, M. I., & Rollán, G. (2010). New trends in cereal based products using lactic acid bacteria. In F. Mozzi, R. R. Raya, & G. M. Ignolo (Eds.),

Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel applications (pp. 273-287). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, V(1), 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

Vivanco Carpio ER, Matute Castro NL, Campo Fernández M. Caracterización físico-química de la cascarilla de Theobroma cacao L, variedades Nacional y CCN-51. In: Conference Proceedings. 2018;2(2):213-22

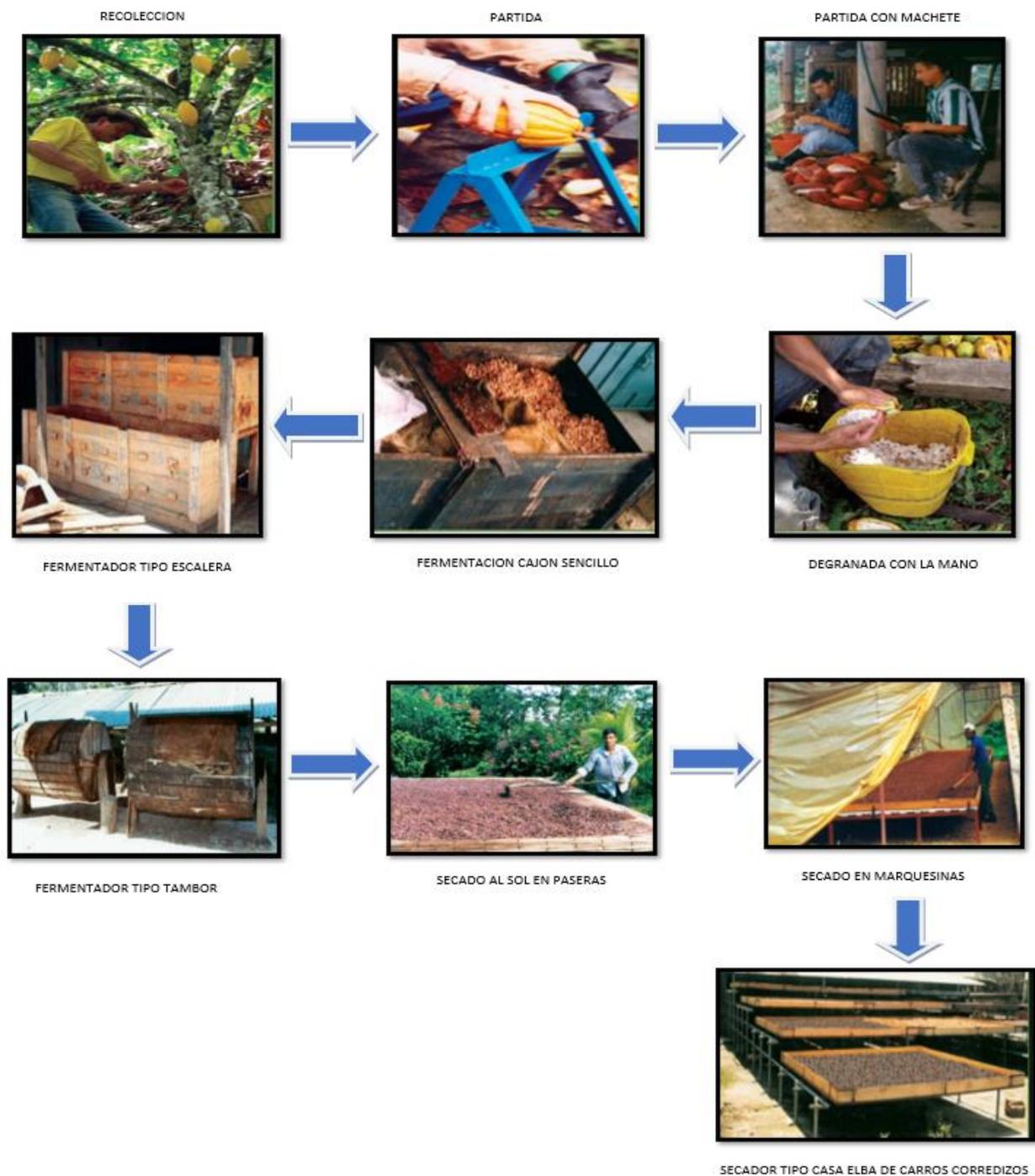
Wood, G., and LASS, R. 1985. Cocoa.4-th ed. Longman, Essex, England.

Zingiber, G. (2009). El cacao, planta medicinal y de deleite. 1-7.

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-internacional-acupuntura-279-articulo-el-cacao-planta-medicinal-deleite-S1887836909731606> DOI: 10.1016/j.dza.2009.07.007

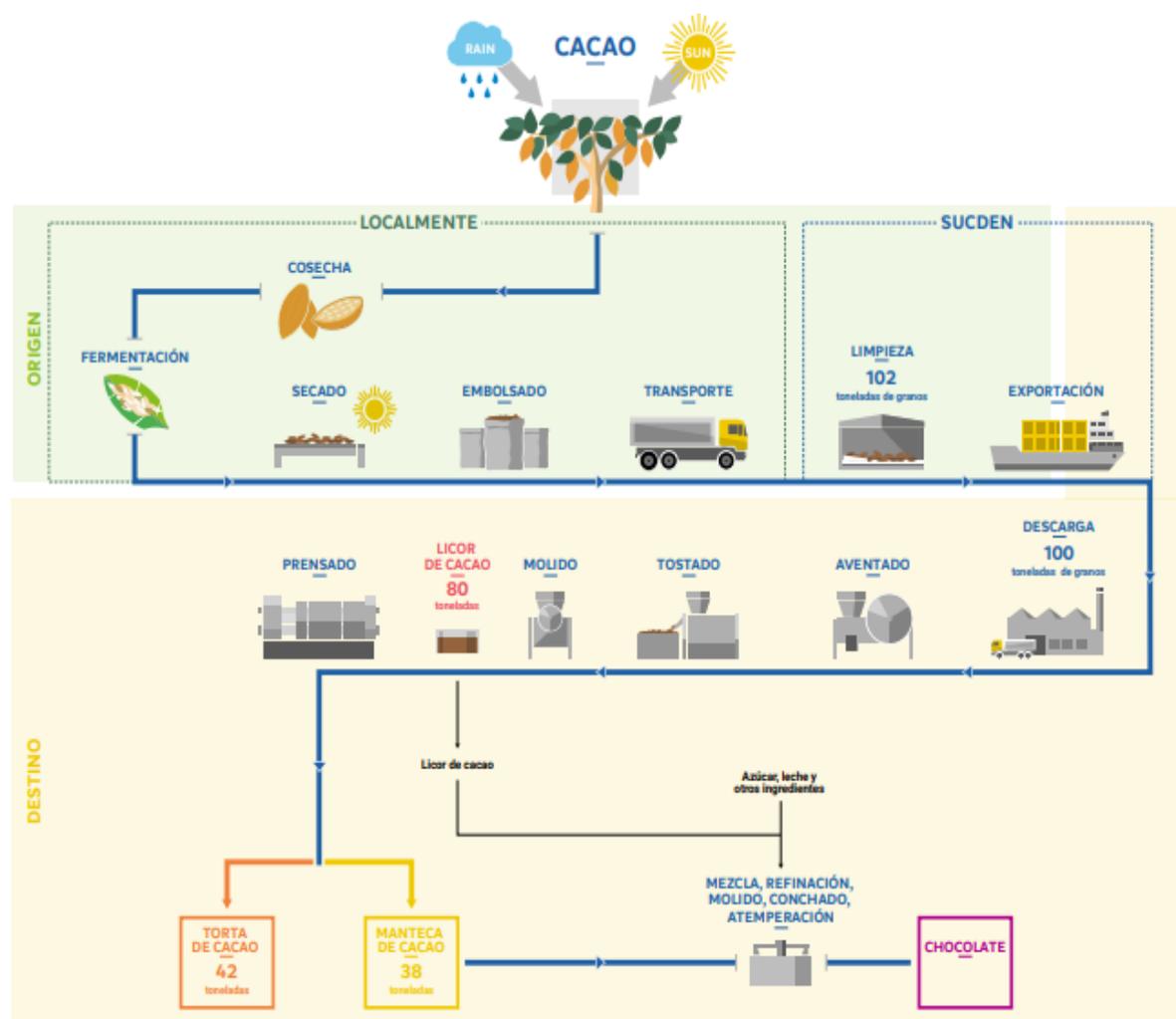
Apéndices

Apéndice A Diagrama del proceso de beneficio del cacao



Fuente. (Gutierrez,2005)

Apéndice B Planta de procesamiento del chocolate



Fuente. (Sucedén, 2022)